

전통 한옥 BIM의 문화재 표준품셈 적용을 위한 정보구축 프로세스 연구 -덕수궁 흥덕전의 목공사를 중심으로-

문승현
특수법인 문화유산국민신탁

A Study on the Process of Establishing Information for Applying Cultural Heritage Standardization to Traditional Hanok Architecture in BIM

-Focusing on Carpentry Work at Heungdeokjeon in Deoksugung Palace-

Seang-Hyen Moon
The National Trust for Cultural Heritage

요약 전통 한옥 산업은 여전히 2차원 도면을 기반으로 한 수량 산정 방법을 사용하고 있다. 이로 인해 오류와 누락이 발생하며, 설계와 건설 과정이 분리되어 생산성이 감소하기도 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전통 한옥 분야에서도 자동 수량 산정을 위한 건축 정보 모델링(BIM)을 도입할 필요가 있다고 판단된다. 본 연구에서는 덕수궁 흥덕전 복원 프로젝트의 실제 BIM적용을 통해 다양한 구성 유형에 맞춘 전통 한옥 정보 모델을 구축하였다. 이 정보 구축 프로세스는 기존의 수량 산정 방법 분석, 문화유산 건축 정보 모델링(HBIM) 가이드라인, 문화유산 복원을 위한 수량 계산 및 견적 분석을 통해 여섯 단계로 구성하였다. 또한 BIM을 사용한 정확하고 객관적인 수량 산정을 위해 파라미터 기반 3D 모델링과 정보 수준(LOI) 데이터와의 연결이 중요함을 확인하였다. 3D 모델링 세부 기술에 있어 전통 한옥 목구조 결구법 적용으로 부재 단면 손실로 인한 수량 감소와 같은 문제가 발생하였다. 이러한 문제는 매개변수화된 라이브러리로 변환함으로써 수량을 일치시키고 정확성을 개선할 수 있었다. 이 연구는 전통 한옥과 목조 구조물을 기반으로 한 BIM 모델을 사용한 수량 산정 및 견적 작업을 위한 개념과 방법론을 제시하여 실용적인 적용을 위한 기초 자료를 제공하는 것을 목표로 한다.

Abstract The Hanok industry still relies on 2D drawings for quantity estimations, leading to errors, omissions, and decreased productivity due to the separation of design and construction processes. Integrating building information modeling (BIM) for automated quantity estimation is essential in the traditional Hanok sector to overcome these challenges. This study utilized a real-world BIM implementation to restore Heungdeokjeon in Deoksugung Palace and develop a Hanok Information Model tailored to various construction types. The information modeling process involved six stages, integrating the analysis of current quantity estimation methods, Cultural Heritage Building Information Modeling (HBIM) guidelines, and an analysis for quantity calculations and estimations in cultural heritage restoration. Parameter-based 3D modeling and linkage with the level of information (LOI) data were crucial for accurate quantity estimation using BIM in constructing the Hanok Information Model. In terms of detailed techniques in 3D modeling, issues such as quantity reduction due to the loss of sections in traditional Hanok wooden structures arose. Converting them into parameterized libraries allowed the alignment of the quantities and improved accuracy. This research offers fundamental insights for practical application by presenting universal concepts and methodologies for quantity estimations using BIM models in traditional Hanok and wooden structures.

Keywords : Traditional Hanok, Wooden Structures, Quantity, BIM, HBIM, Deoksugung Heungdeokjeon

*Corresponding Author : Seang-Hyen Moon(The National Trust for Cultural Heritage)
email: msh@nationaltrustkorea.org

Received February 22, 2024

Revised March 25, 2024

Accepted April 5, 2024

Published April 30, 2024

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

전통한옥은 지역 특성화와 도시재생의 주요 수단으로 부상하고 있으며, 건축자산으로서의 중요성과 가치에 대한 인식이 상승하고 있다. 최근 지자체 지원 등에 힘입어 신규 조성과 정비가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 우리는 인구감소로 인한 노동력 및 전문인력 부족과 같은 문제에 직면하였고 이러한 문제는 디지털전환 과정을 더욱 가속하였다. 일반건축 분야에는 기존 프로세스에 대한 디지털 전환의 과정이 이미 진행되고 있고 이를 더욱 가속하는 실정이다.

현재 전통 한옥과 관련된 문화재 분야에서도 디지털전환 과정이 이미 진행되기 시작했다. 과거 문화재 분야에서 BIM은 정형화하기 어려운 점 때문에 거의 활용되지 못했다. 그러나 3차원 레이저 스캐닝과 컴퓨터의 성능 등 기술의 발달로 인하여 BIM 적용 가능성이 커지면서, 국가에서는 문화재의 생애주기에 걸쳐 발생하는 수리 이력 정보까지 통합하기 위한 HBIM 시스템을 건조물 문화재의 분야에 선도적으로 적용해 보고 있다. 하지만 아직까지도 전통 한옥 목공사 공종 물량산출은 한옥의 비정형성으로 인해 2D 기반의 도면작성을 바탕으로 수계산 방식으로 수행되어 산출 오류 및 산출항목 누락 등의 실수가 발생하였다. 또한 설계와 시공과정이 분리되어 이로 인한 정보 단절로 생산성이 낮은 실정이다. 이러한 문제들을 개선하기 위해서는 BIM을 통한 자동 수량 산출 기능을 사용할 수 있는데 정확한 수량 산출을 위해서는 모델링의 상세 수준을 높이는 시간과 비용이 요구된다.

이에 본 연구는 2D 기반으로 설계된 전통 한옥 도면을 바탕으로 BIM 저작도구를 이용하여 구조물을 3D 모델링하고 목공사 수량 산출 정보구축 방법을 살펴 전통 한옥 목공사 공종 물량산출방식의 전환 가능성을 확인하고자 한다. 또한 이 과정에서 전통 한옥 수량 산출에 사용되는 문화재 분야 표준품셈과 연계한 수량 산출 정보구축 방법을 정리함으로써 국내 전통 한옥 공사비 분야 실정에 부합하는 전통 한옥 정보모델 표준개발의 기반을 마련하는 것을 목적으로 한다. 특히 전통 한옥 분야에 BIM 도입 효과를 극대화하기 위해 전통 한옥 시공 현장 적용성 확보를 중심으로 목구조의 BIM 적산 모델과 BIM 기반 견적 업무 프로세스를 중점적으로 검토하였다.

이러한 연구를 통한 BIM 수량 산출 프로세스는 BIM이라는 새로운 기술환경에 대한 진입장벽을 낮추고 수량

산출의 정확성을 높여 전통 한옥 BIM 생태계를 조성하고 더 나아가 건설산업 분야의 생산성과 부가가치를 증대시킬 수 있을 것으로 기대한다.

1.2 연구의 방법과 대상

본 연구는 현행 전통 한옥의 수량 산출방식 개선을 위하여 기존 수계산 산출방식과 문화재 표준품셈을 분석하고 전통 한옥 목공사 공종으로 한정된 범위에서, BIM에 적용하기 위한 필수요소를 도출하여 전통 한옥 정보모델을 구성하기 위한 프로세스를 정리하였다.

선행연구 고찰로는 내역서 체계, BIM 견적 또는 LOD 관련 선행연구를 고찰하고 국내의 내역서 작성 지침과 HBIM 구축 기준을 살펴보았다. 세부 연구사항으로 국내에서 발주된 공공 전통 한옥 사례인 덕수궁 홍덕전 복원 목공사 수량산출서를 바탕으로 전통 한옥 목공사 적산에 사용되고 있는 문화재수리 표준품셈의 수량 산출, 견적 지침 및 기준을 분석하여 수계산 방식 산출서에서 도출될 수 있는 LOI 항목을 분석하였다. 또한 문화재분야 HBIM 구축 기준 분석을 통해 분류체계 및 속성정보 요소를 도출하고 문화재 표준품셈과 연계한 속성정보구축을 위한 개선사항을 검토하였다. 이러한 연구를 바탕으로 기존 수계산 방식의 적산 방식에 상응하는 BIM 정보모델을 구축, 프로세스를 마련하여 전통 한옥 목공사 수량 산출을 위한 정보모델 기준을 제시하고 BIM을 활용한 전통 한옥 목공사 표준품셈 적용 프로세스를 도출하고자 하였다.

본 연구는 전통 한옥 실제 사례로서 덕수궁 홍덕전 권역 복원공사 시공 BIM을 구축하면서 공종별 산출서, 내역서 정보 유형 대응을 실현하는 과정을 통해 적용 가능성을 확인하고, 전통 한옥, 목조건축물 BIM 수량산출과 내역작업에 보편적으로 적용할 수 있는 개념과 방법론으로 사용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 이론적 고찰

국내 BIM 기반 견적 관련 연구는 크게 5가지 유형 정도로 구분할 수 있는데 수량 산출 사례연구, 예비견적 또는 개산견적에 방법에 관한 연구, BIM 견적 가이드라인 연구, 자동화 시스템에 관한 연구, 데이터 정보 활용연구 등으로 구분할 수 있고 주요 연구 내용은 다음과 같다.

김성아(2008)는 작업의 신속성이 요구되는 견적 작업에 문제가 되는 3차원 건축 마감재의 모델링 작업 시간

을 단축시켜, 물량 산출 작업의 생산성을 높일 수 있는 3차원 마감 모델링을 자동화할 방안을 제시하였다[1].

권오빈(2010)은 2D 기반 물량산출과 3D BIM기반 물량산출 방식의 분석을 통해 장, 단점을 분석하고 3D 기반 BIM 적용방안을 제시하였다[2].

신재철(2011)은 2D기반 물량산출 대비 BIM 기반 물량산출 오차분석을 수행하여 토목분야에서의 BIM 설계 기법 도입에 대한 효용성 및 적용 가능성을 확인하였다[3].

이문규(2013)는 공동주택 단위세대 BIM 모델 구축을 통한 마감 물량산출 결과를 비교하여 BIM 기반 물량산출 결과의 신뢰성을 높이고, 정확한 물량산출을 위한 BIM 모델링 방법을 제시하였다[4].

차유나(2014)는 설계단계에서 2D 도면을 기반으로 기존의 물량산출 방법으로 적용하여 산출한 물량과 BIM 공간 객체로부터 산출한 물량을 비교하여 구체적인 물량산출의 정확성을 분석하고 실제 업무에서의 적용 가능성을 검토하였다[5].

국내 BIM 기반 견적 관련 연구는 BIM 기반 견적작업 생산성 향상을 위한 마감 모델링 자동화 시스템 개발에 관한 연구 이래로 지금까지 기본 및 계획설계 단계에서 사업추진 비용을 검토하기 위한 개산견적 단계에 적용하는 연구가 가장 많았고 시공 단계에 속하는 공종별 산출 연구와 설비 분야에 대한 BIM 적용 연구는 비교적 활발하지 않았다. 이는 국내 환경에서는 시공 주체마다 내역상 품목과 체계가 다르고, BIM 도구 활용 전문 엔지니어 부재로 인해 BIM 데이터를 검토하거나 관리할 수 없어 다음 단계의 연구 추진에 어려움이 있기 때문이다. 또한 세분된 연구와 확장 연구의 진행에도 한계를 가질 수밖에 없었다.

현재 한옥과 관련된 분야에서는 시범적으로 BIM이 도입되고 있고, 대부분의 연구가 정확한 형상정보 구축에 집중되어 있어 건축물의 관리, 물량산출, 적산 작업 등 구축된 BIM 데이터의 활용에 대한 연구가 필요한 실정이다.

3. 일반적인 적산 방법과 전통 한옥 적산 방법

3.1 적산과 견적 개념, 유형 그리고 활용

적산은 공사에 드는 재료 및 품의 수량을 산출하는 작업으로 누가 하여도 큰 차가 없는 값으로 나타내는 것을 말하고, 견적은 공사에 드는 재료 및 품의 수량 즉, 공사량에 단가를 곱해서 공사가격을 산출하는 작업을 말한다

[6]. 견적은 내역서라고도 하는데 이러한 내역서는 공사 계획, 수주, 수행, 변경, 완료와 같은 모든 단계에서 발주자, 수주자가 다 같이 필요로 한다. 특히 수주자에게는 사업의 성패를 좌우하기 때문에 객관적이고 효율적인 정보로 구축되어야 한다.

적산과 견적은 건축 기획, 설계, 시공, 운영 단계별로 사용하는 사람의 관점, 목적, 내용에 다양하게 구분할 수 있다.

이러한 건축물 생애주기별 단계마다 적산과 견적의 보완 변경 상황이 발생하고 이것을 보완 또는 변경하기 위한 문서작성 시간이 발생한다. 그때마다 문서작성 지연 시간이 발생하고 이때 과다 노무량 투입될 수 있다. 이러한 생산성 저하와 정보, 기술인력 공백으로 인해 업무 연결성이 악화할 수 있다. 이러한 업무 연결성 악화를 개선하기 위해 생산성 낭비를 제거하여야 한다. 또한 생애주기별 단계마다 도면 제작과 내역서 작성을 위한 적산 작업이 반복적으로 시행된다. 물론 도면, 적산이 같은 내용으로 제작되어 재사용되는 것은 아니지만 필수적이고 반복되어 중첩되는 요소가 매우 많다.

따라서 건축물 생애주기 동안 사용되는 도면, 적산 정보 등 공통의 작업을 표준화하거나 산출 작업방식, 결과와 과정의 데이터 공유를 통해 데이터 재사용성을 높여 업무 연결성을 강화하고 단계별 업무에서 문서작성 지연 시간을 개선하여 효율성을 높이는 방법이 필요하다.

3.2 일반적인 적산 방법

3.2.1 일반적인 적산 및 견적 업무 흐름

건축물 생애주기는 적산 및 견적 업무 활용성을 기준으로 기획-설계-시공-유지관리 단계로 구분할 수 있다.

또한 적산 및 견적 사용유형에 따라 발주자와 수주자로 구분할 수 있고 이러한 사용유형과 활용성을 기준으로 정리하면 Fig. 1과 같은 업무 흐름도로 나타낼 수 있다.

이때 발주자와 수주자는 건축물을 완성해 나가는 동반자로서 적산을 통해 확정된 공사량과 건물 각 부위 단위를 생산하는 표준적인 재료의 소요량과 소요 노무공수를 말하는 표준품셈을 통해 확정된 공사비를 기준으로 건축물을 완성하는 동반자 사이에 가장 중요한 요소인 계약이라는 법적 효과를 발생시키는 발주자와 수주자 사이의 의사표시 합치에 의한 법률행위를 하게 된다. 이러한 계약으로 인하여 당사자 간에는 일정한 권리와 의무가 발생, 변경, 소멸하는 법률효과가 나타난다.

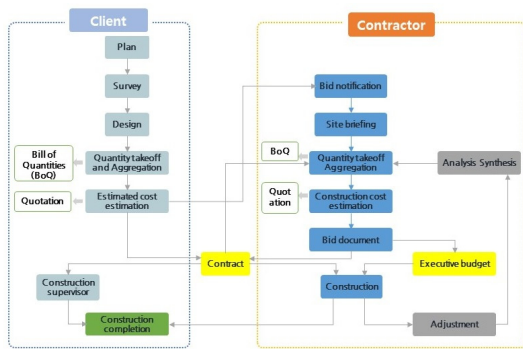


Fig. 1. Workflow Diagram for Bill of Quantity

3.2.2 일반적인 공사비의 구성과 적산작업

계약을 위해서는 계약의 목적이 되는 물품 또는 용역을 구성하는 재료비, 노무비, 경비, 일반관리비 및 이윤을 계산하여 예정가격을 결정하기 위한 기초자료를 구성하기 위해 원가계산을 하여야 한다.

이러한 원가계산을 위해서는 노무비, 경비 등을 산출하기 위한 표준품셈이 필요하다. 표준품셈이란 사람이나 기계가 어떤 물체를 창조하기 위하여 단위당 소요하는 재료와 노력을 수량으로 표시하는 것으로 한 공사 단위 위에 필요한 표준적 재료량 또는 노무공수 또는 건물 각 부위의 한 단위를 생산하는 데 있어 과거의 공사실적 및 각종 비교 Data로부터 설정한 표준적인 재료의 소요량 또는 소요 노무공수를 말한다.

일반적인 견적 작업 과정은 공종별 구성요소별로 적산작업을 통해 자재량, 노무량 등을 산출한다. 이를 위해 먼저 산출 기준을 마련하고 개별 공종에 따른 구성요소별, 부위별로 증복, 누락 없이 수량을 산출하여 집계하고 개별 수량 집계에 따른 수량 단위, 소수위 표시 정리, 집계량에 따른 할증 요소 확인과 적용 등을 반영한 수량 집계를 시행한다. 집계된 산출서는 시공 단계에 따라 공종별로 분류 집계하여 조사된 단가를 대입하고 공사비를 산출하여 내역서를 작성한다.

작성된 내역서는 시공 조건에 따라 필요한 가시설, 운반 등 구성요소별, 부위별로 산출되지 않지만, 공사를 시행하기 위해 필수적으로 필요한 사항들이 있고, 공사 때 자재를 발주하는 방식, 발주 물량, 공급조건 등에 따라 단가를 달리할 경우가 있어 이러한 제반 사항들을 검토하여 내역서를 최종적으로 완성하게 된다.

3.3 문화재수리 분야 원가계산기준과 표준품셈

문화재수리 분야는 공기 예측이 어렵고, 원형고증을

위한 자문회의, 작은 설계변경 및 공사중지 등 문화재수리만의 특수성 있다. 이러한 특수성 반영을 위해 기존 가격경쟁 위주 입찰에서 기술력 중심 입찰로 전환하고 규모·중요도·난이도 등에 따라 문화재수리를 등급으로 구분, 등급을 고려한 평가 방법 차등화 등의 개선 방향을 담은 문화재수리 종합심사 낙찰제도가 마련되어 시행 중이다.

문화재수리 원가계산기준은 2018년 12월 13일 문화재청 예규 제198호로 제정되어 문화재수리 공사의 원가 계산에 있어 적용하여야 할 기준을 정하였다. 문화재수리 공사 원가계산 비목은 재료비, 노무비, 경비, 일반관리 및 이윤으로 구성되고, 재료비, 노무비, 경비 비목별 산출 수량과 단위당 가격을 곱하여 가격을 결정하게 된다. 이때 비목별 산출 수량을 결정하기 위해 사용되는 것이 문화재수리 표준품셈이다.

문화재수리 표준품셈[7]은 국가기관, 지방자치단체, 정부투자기관 및 위 기관의 감독과 승인을 요하는 기관에서 문화재수리 및 이에 준하는 공사의 예정가격 산정의 기초로 활용하고 있다.

4. BIM을 활용한 전통 한옥 목공사 수량 산출 방법

4.1 전통 한옥 목공사 수계산 방법

전통 한옥 목공사 적산에서도 가장 중요한 것은 수량 산출자가 아닌 제3자가 보더라도 검토할 수 있어야 하고 추후 설계변경 작업이 있을 때 산출작업이 쉽도록 산출 순서를 통일하며, 일정한 방법으로 산출하는 것이 필요하다. 이를 위해서 도면을 놓고 보았을 때 수평 방향에서 수직 방향으로 시공 순서대로 산출순서와 과정이 쉽게 이해될 수 있도록 정리하여야 한다. 이렇게 정리한 서류를 보통 수량산출서라 하고 이 서류는 수량 산출에 따른 검토, 발주자와 수주자 간 물량 차이가 발생할 때 확인할 수 있는 근거 서류가 된다.

전통 한옥 목공사 수계산을 위해서는 표준품셈 기준에 따라 목부재를 축부재, 평연부재, 선연부재, 포부재로 분류하여야 한다. 축부재는 기둥, 보, 창방, 평방, 도리, 장여, 인방재(벽선, 문선, 인방), 동자주 및 판대공, 마루부재 중 장귀틀, 동귀틀, 명에, 장선 등을 말한다. 평연부재는 평서까래, 말굽서까래, 평고대, 부연, 목기연, 박공널, 개판, 착고판, 풍판, 순각판, 판벽, 용지판 등을 말한다.

선연부재는 추녀, 사례, 선자서까래, 갈모산방 등을 말한다. 포부재는 주두, 소로, 첨차, 살미, 익공, 보아지, 운공, 대공, 난간의 조각부분 등을 말한다.

전통 한옥 목공사 수량산출서 항목에는 Fig. 2와 같이 명칭, 위치, 부재 크기 및 길이, 수량, 공사 구분, 자재 구분을 통해 산출하고 집계한다. 명칭은 기둥, 보, 도리 등의 부재 구분을 하고 위치에서는 고주, 평주, 우주 등의 위치와 특이사항을 구분하고 부재 크기는 가로, 세로, 길이, 수량은 동일 부재의 개수를 파악하여 기입한다. 공사 구분은 품셈 구분 기준에 따라 해체, 조립, 치목으로 구분한 뒤 부재별로 축부재, 평연부재, 선연부재, 포부재로 유형을 세분하고 치목기법을 분류하여 산출하고 집계한다.

Fig. 2. Quantity Calculation Document for Deoksugung Heungdeokjeon

부재별 수량산출기준은 원형, 각형, 판형 부재, 복합부재(원형+각형) 모두 마감치수(설계도면치수) 기준 최대 단면으로 단면×길이를 산출하고 드잡이, 기둥동바리, 연침구멍뚫기, 연침설치 등은 개소를 기준으로 산출한다.

목공사 산출순서는 작업자마다 다르지만, 일반적으로 기둥-창방-보, 보아지-공포재-대공-도리, 장여-추녀, 사례, 갈모산방-연목, 부연-평고대-박공, 목기연-인방-벽선, 문선, 머름-마루, 반자 등 구조체의 조립순서대로 산출한다. 이러한 순서대로 산출하게 되면 산출 누락을 예방할 수 있는 장점이 있다.

4.2 전통 한옥 수량 집계와 문화재 품셈 분석

민간시장의 전통 한옥 설계는 수량산출서를 별도로 작성하지 않는 경우가 많아 국가기관의 공식 사업을 통해 산출된 전통 한옥 수량 산출서인 덕수궁 흥덕전을 사례로 선정하여 분석하였다.

덕수궁 흥덕전은 1900년부터 1904년 사이의 시기를 기준으로 복원 설계한 건물을 2022년 11월부터 2027년 8월까지 약 5개년 동안 사업이 진행될 예정이다. 주요 공사로는 흥덕전 173.04㎡, 어재실 72.38㎡, 내행각 527.04㎡, 외행각 78.42㎡, 소안문 33.93㎡, 흡사문 35.06㎡, 협문 3개소, 화계 등을 복원하는 사업으로 덕수궁 흥덕전 복원 건축개요는 Table 1과 같다.

Table 1. Architectural Overview of Deoksugung Heungdeokjeon

Category	Description	Category	Description
Purpose	A building that houses the coffin of a dead king	Standard Column	307×307
Room Configuration	Floor and Room No underfloor heating	Tall Column	307×307
Plan	5×4 Bay	Main Crossbeam	430×522
Area	173㎡	Ridge Crossbeam	307×368
Structure	2 Tall Columns and 7 Beams	External Crossbeam	307×368
Architectural Style	Double-wing Bracket	Lintel	246×307
Roof Style	Hip-and-Gable Roof	Purlin	∅368
Foundation Height	1,170mm	Purlin Support	92×215
Eave Height	5,858mm	Hip rafter	276×921
Building Height	10,322mm	Hip rafter extension	276×614
Column Module	307mm	Rafter	∅215
Element Module	92mm	Rafter extension	107×169

덕수궁 흥덕전 목공사 수량산출서를 분석한 결과 기둥-인방-머름-문선-마루-주두, 익공, 첨차, 소로 등 -도리-장여-보-보아지-동자주-대공-연목-부연-평고대-추녀-사례-갈모산방-박공-목기연-반자 순서로 산출하였다.

산출된 목재는 CGS 단위계로 일반재는 10.215㎡, 특수재 38.639㎡, 특대재 7.719㎡이며 전통 목재 단위로 환산하면 일반재 3,064.5재, 특수재 11,591.7재, 특대재는 2,315.7재가 된다. 여기에 각재, 판재 할증을 적용하여 합산하면 일반재 3,377.07재, 특수재 12,882.6재, 특대재 2,369.07재가 된다. 이 수량을 부재 형태로 다시 구분하여 살펴보면 일반재는 각재 10.011㎡, 판재 0.204㎡, 특수재는 각재 34.248㎡, 판재 4.391㎡, 특대

산출된 부재의 경우 특정 부재 산출만을 분리하여 사용할 수 없다. 이런 경우 신규로 필요 부재만을 산출하는 것이 작업이 훨씬 더 편리해서 기존 수계산 산출 결과물 재사용하지 않게 된다.

4.4 덕수궁 흥덕전 BIM 기반 수량 산출

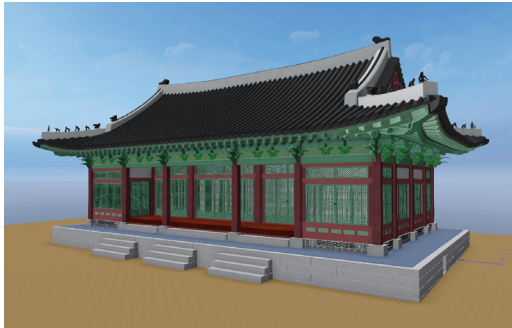


Fig. 7. BIM Model of Deoksugung Heungdeokjeon

BIM 산출 보고서 총괄정보		BIM 산출 보고서 상세정보	
구분	내용	구분	내용
1. 프로젝트 정보	프로젝트명: 덕수궁 흥덕전	2. 산출 정보	산출일: 2024.04.01
3. 산출 범위	전체 건물	4. 산출 방법	BIM 기반
5. 산출 결과	총량: 1,234,567	6. 산출 내역	구분: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Fig. 8. Comparison between BIM-Linked Quantity Calculation Report (Top) and Traditional Quantity Calculation Report (Bottom)

덕수궁 흥덕전 권역 복원정비 공사에서는 정확한 기록 유지 및 문화재 보존관리의 기초자료를 확보하고 설계도서 기반 시공성 검토 및 3D자료 확보, 현황, 설계도서 등 기초자료에 관한 BIM 디지털 기록 정보 축적을 목적으로 기존 설계도서를 기반으로 한 기초 모델링을 만들고 중첩, 시공 간섭 등 검토를 통해 확인 사항을 보완하여 시공 BIM 모델링을 구축하였다. 이 BIM 모델은 건물 형상과 양식, 건축기법, 결구 표현, 세부 장식 시각화를 통한 시공 BIM 데이터 구축을 목표로 기존 설계도서 오류,

건물 구조, 부재 중첩, 누락, 시공 간섭 등을 확인하기 위하여 부재 형상 및 기법, 결구 표현 등 모델 상세 수준은 문화재수리이력 통합정보 모델 구축을 위한 HBIM 작성 기준으로 LOD4 이상으로 제작하였다.

특히 이 작업에서는 BIM에 문화재수리 표준품셈을 적용하기 위해 기존 수계산 산출 결과물과 일치하도록 BIM 프로그램 내 일람표 작성 기능을 활용 기초 데이터를 작성하였다. 이러한 기초 데이터를 EXCEL 데이터로 변환하여 추출하고 연계되도록 하여 기존 현장 작업방식과 같은 형태로 구축하여 현장 적용성을 높이도록 하였다.

4.5 BIM을 활용한 수량 산출 프로세스

BIM 수량 산출 프로세스는 기존 현장 산출 방식과 같은 형식으로 구축하여 현장 적용성을 높이는 것을 중심으로 살펴보고자 한다.

4.5.1 수계산 수량산출서 중요 항목 도출과 BIM 작업 환경 구축

BIM 수량 산출 프로세스를 구축하기 위해 3장에서 수계산 산출방식의 수량산출서 항목으로 명칭, 위치, 부재 크기 및 길이, 수량, 공사구분, 자재구분의 항목이 있음을 확인하였고, 덕수궁 흥덕전 시공 BIM 구축 과정을 통해 문화재수리이력 통합정보 모델 구축을 위한 HBIM 작성기준(HBIM 정보 입력기준)[8]과 문화재수리 표준품셈에 따른 요소들을 같이 검토하였다.

이러한 검토 과정에서 어떠한 요소를 전통 한옥 목공사 수량 산출 속성정보로 구성, 활용할 것인지를 확인할 수 있었다. 이것을 수량계산 수량산출서, HBIM 작성기준, 문화재수리 표준품셈과 비교·검토한 후 대응 관계를 정리하여 Table 2와 같은 결과를 얻었다.

덕수궁 흥덕전 시공 BIM은 완료된 2D 설계도면을 기준으로 설계도면을 검토하여 보완하여 3D 모델링 작업을 수행하였다. 완료된 3D 모델은 부재별 객체 변환 작업을 통해 분류, 속성정보를 입력한 뒤 일람표를 작성하였다. 이러한 산출항목 대응 관계들과 덕수궁 흥덕전 시공 BIM 작업 프로세스를 기반으로 전통 한옥 목공사 수량산출을 위한 BIM 데이터구축 작업환경을 검토하였다.

먼저 BIM을 활용한 수량 산출을 위해서는 2D 도면을 기초로 BIM 모델링 작업이 필요하다. 모델링 작업을 위해서는 기둥, 창방, 보, 도리, 연목 등 부위객체별로 모델링 작업이 필요하다. 하지만 수계산 수량산출서를 기준으로 명칭, 위치만을 구분하고 부위객체 분류와 문화재수리 표준품셈 구성요소를 사용하지 않으면 속성정보,

일람표 작성을 통하여 현장에서 사용하고 있는 동일한 방식의 수량산출서를 작성할 수가 없다.

Table 2. Relationship between Quantity Calculation Items in Quantity Calculation Report and Correspondence with HBIM and Quantity Take-off and Bill of Quantity for Cultural Heritage Repair

Traditional Quantity Calculation Report	HBIM Guidelines	Quantity Take-off and Bill of Quantity for Cultural Heritage Repair	Note
Name	Component Object	Structural Component Rafter Component Fan-Rib Rafter Component Bracket Component	Subclassification
Location	Component Object		Subcategorization
Component Size	Information Input		Attribute Information Size (Regular/ Special /Extra Large)
Component Length	Information Input		Attribute Information Size (Regular/ Special /Extra Large)
Quantity	Shape Information		Modeling, Table
Construction Type		Structural Style Disassembly, Processing, Assembly Power Tools Small-Scale Construction	Late Goryeo Dynasty ~ Early Joseon Dynasty (15th century) Manpower or Tools
Material Type		Added labor for Processing Natural Wood	4 Angles Processing (Circle to 4 Angles) 8 Angles Processing (4 Angles to 8 Angles) 16 Angles Processing (8 Angles to 16 Angles)

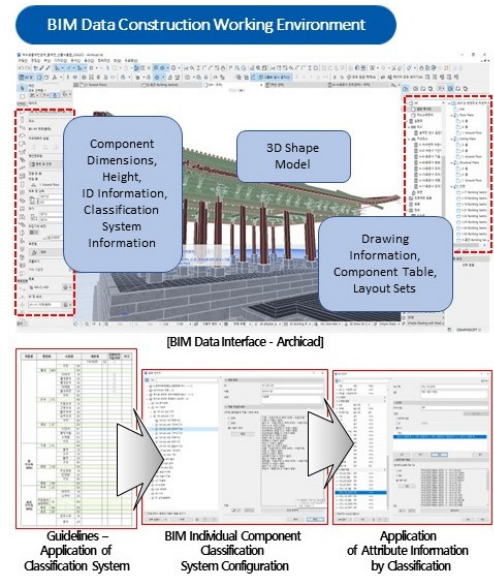


Fig. 9. BIM Data Construction Work Environment

기둥, 보, 창방, 도리, 평방, 서까래 등 수계산 수량산출서에서 사용하고 있는 명칭, 위치는 개별 작업자의 작업 능력과 수준에 따라 부위 객체를 구분하고 있어 분류 기준의 일반화가 어렵다. 따라서 수계산 수량산출서의 명칭과 위치는 HBIM 부위객체분류 4단계 분류 기준에 따라 구분하면 개별 구성 부재의 명칭과 위치는 객관적으로 분류할 수 있다. 이 부위객체분류 기준은 형상정보 최소 작성수준을 규정하고 있는데 대분류, 중분류, 소분류, 세분류의 4단계로 구분하고 있어 전통 한옥 BIM 모델링에서 명칭, 위치 구분 기준으로 활용하는 것이 적합한 것으로 판단하였다. 다만, 모든 객체를 구분하는 것이 바람직하지만, 수량산출서 작성을 위한 효율성 측면에서는 집합체로 구성하는 것도 일부 필요하다.

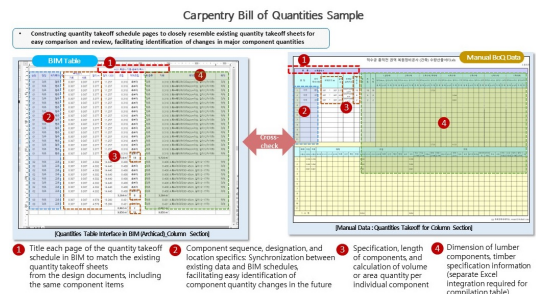


Fig. 10. Configuration of BIM Bill of Quantities for Quantity Calculation Form Integration

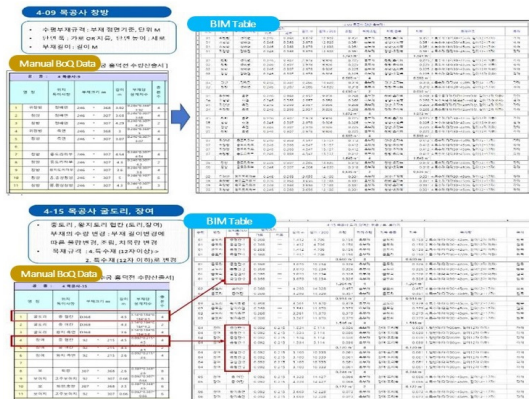


Fig. 11. Correspondence between Individual Quantity Calculation Basis and BIM Bill of Quantities

다음으로 부재 크기, 길이, 수량 항목은 형상을 구성하는 요소들을 매개 변수(Parameter)화하여 3D 모델링하는 파라메트릭 모델링 방법을 통해 가로, 세로, 길이, 부피 등을 매개변수로 운용하는 모델링 방법으로 각 매개변수 값들이 추출되도록 하고 이 추출된 값들로 일람표 기능을 활용하여 구성, 정리되도록 하는 것이 필요하다.

4.5.2 문화재 표준품셈 적용을 위한 부재 산출 정보구축 프로세스

덕수궁 흥덕전 작업 과정에서는 BIM 모델링 방식에 따라 부재 산출 요소와 값이 다르게 산출되는 것을 확인하였다. 이것은 비정형화되어 있는 전통 한옥을 상세하게 표현하기 위해 상용프로그램 객체의 다이렉트 모델링 기법(모프, Morph)을 사용한 것이 그 원인으로 이러한 방식의 모델링 기법에서 연계 가능한 정보데이터는 3D 형상에 대한 높이, 순체적, 재료구조, 표면질 등에 대한 정보만을 확인할 수 있어서 수량 산출을 위한 정보 취득에 매우 제한적이다. 이 모델링 방식은 BIM 부재에 대한 순체적(부피)은 쉽게 구할 수 있으나 모델링 데이터에서 기존 수량산출서에서 필요한 가로, 세로, 길이 등 개별 산출근거를 확인하기 어렵다.

따라서 기존 수계산 수량산출서와 같은 형식을 얻어내기 위해서는 3D 형상에 대한 개별 산출근거를 확인할 수 있도록 다이렉트 모델링 방식으로 작성한 모델을 개별 객체(라이브러리)로 전환하여 형상 구성 요소들을 매개변수화하여 구성해야 한다. 이러한 개별 객체(라이브러리)에서 부재 단면 치수, 길이 등 부재 속성정보를 보여주는 것이 용적, 수장품 등 건축 요소를 추가로 확인할 수 있어 속성정보 활용범위가 더 넓어질 수 있다.

전통 한옥에서 사용되는 형상, 맞춤과 이음과 같은 구조법 등을 자세하게 3D형상으로 표현하기 위해서 다이렉트 모델링 방식은 필수적이며, 3D 형상모델과 정보데이터를 연계 구축하기 위해서는 개별 부재들은 다이렉트 모델링으로 제작한 후 라이브러리 객체로 변환 저장하여 데이터를 구성하는 방식으로 제작하여야 한다. 개별부위, 부재에 대한 3D 모델을 라이브러리객체로 제작하게 되면 3D 에셋으로 통합관리가 가능하며 부재 단면의 가로, 세로 치수, 부재 길이 등 부재 수치정보를 매개변수로 관리할 수 있게 된다.

전통 한옥 설계도면을 기준으로 부재 결구를 표현하지 않은 모델 상세는 산출 수량을 100% 일치시킬 수 있다. 하지만 시공 BIM 경우와 같이 맞춤, 이음, 치목 기법 등과 같은 부재 따내기, 홈파기, 파내기, 그레질, 후리기, 바테페기, 모접기, 소매견이, 새길질, 초각, 최시리, 흘림 및 이에 준하는 것들로 인해 다이렉트 모델링 방식으로 모델링할 경우 부재 손실에 따른 수량차가 반드시 발생하게 된다. 덕수궁 흥덕전에 경우 복원설계도서를 기준으로 순체적(부피)이 약 10% 정도가 감소하는 것을 확인하였다. 하지만 이를 라이브러리로 변환하여 매개변수로 바꾸어 가로, 세로, 길이 등의 개별 매개변수로 치환하고 개별 라이브러리 변환 객체에 계산식을 활용하면 수량 산출과 일치시키거나 약 2% 내의 감소량으로 조절할 수 있었다.

▶ Comparison of Component Quantities Based on BIM Modeling Methods

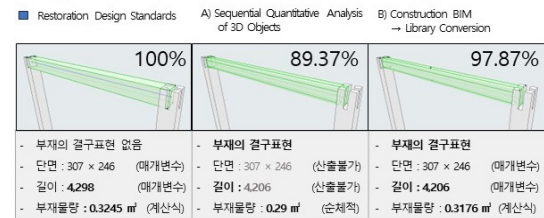


Fig. 12. Quantity Calculation Based on Design Document Modeling and According to the BIM Modeling Application Process

수계산 수량산출서에는 해체, 치목, 조립과 같은 공사 구분, 축부재, 평연부재, 선연부재, 포부재와 같은 공사 내용 구분, 인력 또는 전동공구 사용 여부, 일반재, 특수재, 특대재 등 자재 구분 등과 같은 요소들이 있다. 이러한 요소들은 BIM 속성정보에 요소를 입력할 수 있도록 드롭다운 메뉴로 구성하고 선택하여 속성정보를 구성하도록 할 필요가 있다. 덕수궁 흥덕전 작업 과정에서는 HBIM 속성정보 표현수준 (LOI)과 문화재수리 표준품셈

적용기준을 중심으로 부위 객체명, 코드번호, 건축물을 구성하는 부위별 재료 등 속성정보로 구축하였다.

이러한 요소 외에도 문화재수리 표준품셈에서는 구조 양식, 소규모 공사 등 양식과 규모에 따른 할증 구분, 편수 산정 등이 있는데 이러한 항목의 특징은 객체가 없는 요소들이고 공사 전반에 걸쳐 적용되거나 산출 수량이 집계되어야 적용할 수 있다. 이러한 요소들은 상용 프로그램의 한계로 우선 BIM 일람표를 통해 모든 부위 객체를 데이터로 작성하고 부재명, ID, 부재치수, 공사구분, 자재구분 등에 대한 속성정보를 포함하여 EXCEL로 연계하고 이후 별도로 집계를 적용하는 것이 더욱더 효율적이다.

지금까지 살펴본 수계산 수량산출서 항목과 연계한 BIM 활용 전통 한옥 목공사 문화재 표준품셈 적용 프로세스는 정리하면 Fig. 13과 같다.

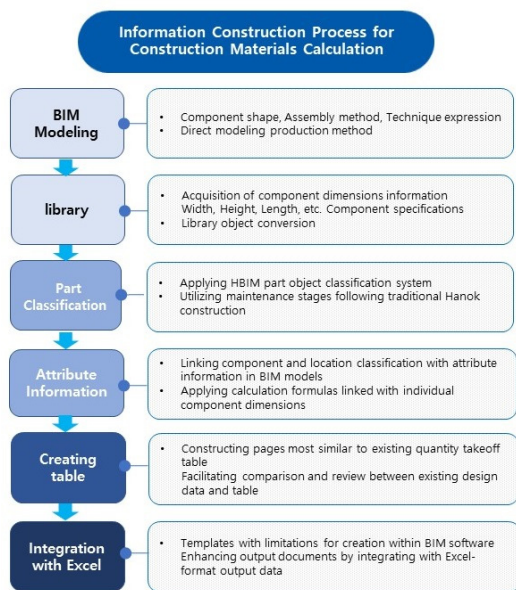


Fig. 13. BIM Utilization Process for Traditional Hanok Component Quantity Information Construction

4.6 BIM 기반 산출 결과물 활용

BIM 기반 산출 결과물은 데이터에 부재 형상과 산출 수량 정보를 구성하면 일람표를 통해 부재 항목과 연동한 서식을 구축할 수 있고 3D 형상 정보와 부재위치, 형태 등 링크를 통해 직관적으로 연계 확인이 가능하여 산출 근거에 대한 손쉬운 확인, 검토, 보완 등이 가능하고 건축물 생애주기 전반에 재사용될 수 있다.

전통 한옥 건설 현장도 일반 건설 현장과 같이 공정 단계마다 보완과 변경 상황이 발생하고 이것을 보완 또는 변경하기 위해 문서작성 리드타임이 발생하고 과정과 상황에 따라 지연될 수 있다. 리드타임(lead time)은 착수하는 시점부터 결과물을 도출하는 사이에 걸리는 시간을 말하는데 이때 과다 노무량이 투입될 수도 있다. 다른 분야 워크플로 대비 생산성이 저하되고 기술인력이 이직할 때 업무 공백으로 인해 업무 연결성이 약화하기도 한다. 이러한 리드타임을 개선하기 위해서는 작업분석 해결책을 통해 생산성 낭비를 제거할 필요가 있다.

도면제작, 내역서작성 등 공통의 작업을 표준화하거나 산출작업 방식 또는 산출 결과와 과정의 데이터를 공유하는 협업을 통해 리드타임을 개선하여 효율성을 높이는 방법이 필요하다.

전통 한옥 산업은 생산체계의 경직성, 신기술의 도입에 따른 비용적 리스크, 그리고 기존 제도와 신기술 도입 과정에서의 기술 수용 장애 등의 문제에 직면해 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 해법으로 워크프로세스 기반 문화재 HBIM 플랫폼 활용이 필요하다.

문서작성 리드타임을 단축하고 문서관리 디지털전환, 실시간 업무 연결성 확보, 재작업을 최소화, 능동적 현장 관리, 기술경험 디지털 데이터화 등 전통 한옥 산업의 디지털 전환 추진 방향을 제안한다. 기술자 개인의 업무역량이나 기술경험이 디지털 데이터가 되어야 한다. 이러한 데이터가 쌓이면 빅데이터가 되어 새로운 차원의 전통 한옥 산업체계가 구현될 것이다.

5. 결론

전통 한옥 목공사에서 BIM을 적용한 수량 산출을 위한 전통 한옥 정보모델 구축하기 위하여 기존의 수계산 산출방식, HBIM 작성기준, 문화재 표준품셈을 분석하여 필수요소들을 도출하고 정보모델을 구축하는 프로세스는 6단계로 정리될 수 있고 각 단계에는 다음과 같은 작업이 이루어진다.

1단계 BIM모델링은 2D 도면을 기준으로 다이렉트 모델링 제작방식으로 부재 형상 및 결구방식, 기법을 표현한다. 2단계 라이브러리는 이러한 부위객체 모델들을 3D 에셋인 라이브러리로 변환 저장하여 가로, 세로, 길이 등 부재 치수 정보를 구축한다. 3단계 부위분류는 전통 한옥 유지관리 단계에 활용될 수 있도록 목공사 건축요소를 추가구부, 공포가구부, 지붕가구부로 나누어 대

분류, 중분류, 소분류, 세분류로 부위객체를 구성한다. 4단계 속성정보는 모델링한 부재를 부위객체와 속성정보를 연계하여 개별 부재치수와 연동한 산출식을 적용한다. 5단계 일람표 작성은 모든 부위객체의 속성정보에서 추출된 값들을 연계하여 표로 작성한다. 6단계 Excel연계는 일람표의 정보를 이용하여 기존 수계산 산출서와 동일한 양식으로 연동하여 산출 집계하고, 구조양식, 공사규모, 편수 산정 등 객체가 없는 요소를 연동시켜 수량 산출서로 구축한다.

전통 한옥의 공사 원가계산을 하고자 할 때는 공사 비용별 산출근거를 명시한 기초계산서가 필요하다. 수량 산출은 공사의 내용 및 특성 등을 고려하여 그 완성에 적합하다고 인정되는 합리적인 방법으로 작성하여야 한다. BIM을 활용한 전통 한옥 목공사 문화재수리 표준품셈 적용 프로세스는 기존 수계산 산출 결과와 동일하게 작성하도록 하기 위한 프로세스이다. 기존 수계산 산출 방식은 숙련된 기술자가 2D도면을 기준으로 확인 다량의 부재들과 도서에 드러나지 않는 부분에 대한 이해를 바탕으로 세세히 부재 수량을 파악하고 산식을 검토해서 작성하는 형태로 인력작업에 따른 중복, 누락, 수정, 일괄산출 등에 의한 오류가 발생할 수 있다. 하지만 BIM을 활용하게 되면 건물에 대한 3D 형상 정보와 개별부위, 부재에 대한 다양한 정보를 바탕으로 정확하고 객관적인 수량 산출이 가능하다. 이러한 수량 산출을 위해서는 3D 형상 모델링이 파라메트릭 기반으로 제작하여야 하고 정보데이터 LOI와 연계 구성이 필수적이다.

전통 한옥에서 사용되는 형상, 맞춤과 이음과 같은 구조법 등을 자세하게 3D형상으로 표현하기 위한 다이렉트 모델링 방식 때문에 복원설계도서를 기준으로 순체적(부피)이 감소하기도 하지만 이를 라이브러리로 변환하여 매개변수로 바꾸어 가로, 세로, 길이 등의 개별 매개변수로 치환하고 개별 라이브러리 변환 객체에 계산식을 활용하면 수량 산출과 일치시키거나 감소량으로 조정할 수 있었다.

BIM을 이용한 수량산출은 전통건축 모든 공종 및 건축물 생애주기에서 객관적 데이터를 기준으로 수량정보를 산출하고 확인할 수 있다.

본 연구는 BIM을 적용한 수량 산출을 위한 전통 한옥 정보모델을 구축하기 위한 작업 중 목공사에 한정하여 연구를 진행하였으며, 한옥 공사 전반에 대한 정보모델을 구축하기 위해서는 석공사, 지붕공사 등 한옥의 주요 공정에 대한 연구가 필요하다. 앞으로 한옥 공사 전반에 대한 정보모델 구축이 이루어진다면 새로운 전통 한옥 산업체계 구현에 큰 기반이 될 것으로 판단된다.

References

- [1] S. A. Kim, "A Study on Setting Up Work Conditions for Improving Productivity of BIM-based Cost Estimation", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 17, No.1, pp.56-65, 2016
DOI: <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2016.17.1.056>
- [2] O. B. Kwon, J. H. Son, S. H. Lee, "Study on the Application of 3D-based BIM for School Facilities to Increase Cost Management Efficiency", *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol.10, No.6, pp.49-60, 2010
DOI: <https://doi.org/10.5345/KIC.2010.12.6.049>
- [3] J. C. Shin, Y. I. Baek, W. T. Park, "Analysis of Errors in Tunnel Quantity Estimation with 3D-BIM Compared with Routine Method Based 2D", *Journal of the Korean geotechnical society*, Vol.27, No.8, pp.63-71, 2011
DOI: <https://doi.org/10.7843/kgs.2011.27.8.063>
- [4] M. K. Lee, S. Y. Chin, "A Study on the Accuracy of BIM-based Quantity Take-Off of Apartment Interior", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.14, No.1, pp.12-22, 2013
DOI: <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2013.14.1.012>
- [5] Y. N. Cha, S. A. Kim, S. Y. Chin, "An Accuracy Analysis on Quantity Take-off Using BIM-based Spatial Object", *KIBIM Magazine*, Vol.4, No.4, pp.13-23, 2014
DOI: <https://doi.org/10.13161/KIBIM.2014.4.4.013>
- [6] J. O. Choi, *Building Calculation and Estimate*, p. 641, Seowoo Publishers, 2000, p.12
- [7] Cultural Heritage Administration, 2023 Quantity Take-off and Bill of Quantity for Cultural Heritage Repair, Government publication, Cultural Heritage Administration, Korea
- [8] Cultural Heritage Administration, Historic BIM [HBIM] Authoring Standards V1.1.3, Government publication, Cultural Heritage Administration, Korea

문 승 현(Seang-Hyen Moon)

[정회원]



- 2006년 8월 : 고려대학교 대학원 문화재학 협동과정 (문학석사)
- 2016년 8월 : 전북대학교 대학원 도시·건축공학과 (공학박사)
- 2008년 4월 ~ 2012년 12월 : 국립문화재연구소, 연구원
- 2012년 12월 ~ 현재 : 특수법인 문화유산국민신탁, 보전관리부장

<관심분야>

전통한옥, 문화유산, 문화유산 BIM