

정규화를 통한 3차원 데이터 모델 구축 및 활용성 향상 방안 연구

- 건축 마감 공사 중심으로 -

A Study on 3D Data Model Development by Normalizing and Method of its Effective Use - Focused on Building Interior Construction -

이 명 훈* 함 남 혁**
Lee, Myoung-Hoon Ham, Nam-Hyuk
김 주 형*** 김 재 준****
Kim, Ju-Hyung Kim, Jae-Jun

Abstract

Cost estimation through fast and correct quantity take offs are crucial in the process of construction project. The existing methods for cost estimation are mainly based on 2D-based drawings and the estimation result tends to be different according to the estimator's experience, the quality and quantity of used information and estimation time. To solve these problems, the domestic construction industry have recently tried to use the data extracted from 3D data modeling based on BIM(Building Information Modeling) in order to achieve more accurate and objective cost estimation. However it tends to increase dramatically the quantity of information that can be used in cost estimation by estimators. Therefore in order to achieve quality information data from 3D data modeling, the characteristics of the project should be reflected on the 3D model and it is most important to extract information only for cost estimation from the whole 3D model fast and accurately. Thus this study aims to propose the 3D modeling method through Data Normalization which maximizes the usability of 3D Data modeling in cost estimation process.

키워드 : 건적산출 프로세스, 3차원 데이터 모델, 데이터 정규화

Keywords : Cost Estimation Process, 3D Data Model, Data Normalization

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설 프로젝트 전반에 걸쳐 생성되는 생애주기 정보를 3차원 데이터 모델 기반으로 관리하는 BIM (Building Information Modeling)의 출현으로 BIM을 활용한 국외 건설 프로젝트 성공 사례 등을 통하여 국내 건설 산업에서도 BIM에 대한 관심이 증가되고 있다. 건적분야에서도 3차원 데이터 모델로부터 물량을 산출하려는 시도가 이루어지고 있다.(이강, 2006) 국내 사례로는 2009년 4월 '용인시민체육공원 조성사업' 공사에 BIM 적용을 시작으로 국방부, LH공사, BTL, 현상설계공모 등 일부 공공기관에서도 발주한 사례가 있으며, 특히 조달청은 2012년부터 500 억 원 이상인 턴키, 설계공모 건축공사에 BIM적용에 대해 의무화를 실시할 예정이다.(조달청,

2010) BIM기반의 3차원 데이터 모델을 통한 건적작업을 위해서는 건적 데이터 모델(Estimate Data Models)이 선형적으로 구축되어야 하며, 이러한 건적 데이터 모델은 물량 정보를 기본적으로 포함하고 있어야 한다.(Melin, 1994) 그러나 건축 마감제까지 모두 포함한 3차원 데이터 모델을 구축하게 될 경우 데이터의 양이 급격하게 늘어난다. 또한 3차원 데이터 모델의 오류가 발생하여도 건적분야에서 검토가 어려워 정보의 활용성은 떨어지게 된다. 건적 업무는 작업의 신속성 및 정확성이 요구되는 반면, 3차원 기반 건적을 위한 모델링 작업 시간 증가로 3차원 기반 건적 시스템의 국내 건설 산업 도입에 걸림돌이 되고 있다.(김성아, 2009) 따라서 건적업무에 3차원 데이터 모델의 활용도를 높이려면 건적 전문가가 원하는 형태로 데이터가 추출될 수 있도록 3차원 데이터 모델이 구축되어야 하고, 설계가 상세화 됨에 따라 기하급수적으로 증가하는 3차원 데이터 모델 정보를 어떻게 저장, 관리, 가공할 것인가에 대한 정보관리 체계가 있어야 한다. 이에 본 연구에서는 건적업무에 3차원 데이터 모델이 효과적으로 활용될 수 있도록 데이터 정규화를 통한 3차원 데이터 모델 구축 및 활용성 향상 방안에 대하여 제시하고자 한다.

* 정회원, 한양대학교 건축환경공학과 석사과정
** 정회원, 한양대학교 건축환경공학과 박사과정
*** 정회원, 한양대학교 건축환경공학과 부교수, 공학박사
**** 정회원, 한양대학교 건축환경공학과 교수, 공학박사

1.2 연구의 범위 및 방법

BIM 기반의 프로젝트는 2D기반의 기존 방식과는 달리 3차원 데이터 모델을 통해 진행되기 때문에 무엇보다 3차원 데이터 모델은 건축 마감재를 포함하여 완성도 있게 구축되어야 한다. 건축 마감재의 경우 각 실의 특성에 따라 사용되는 재료의 종류와 크기 등이 다르기 때문에 다양한 타입의 유형들이 많이 생성되어 객체의 수와 데이터의 양이 급격하게 증가한다. 이 같은 데이터를 관리, 활용하려면 데이터베이스에 대한 설계와 구축의 방법으로 데이터 정규화에 대한 이해가 선행되어야 한다. 대량으로 늘어난 데이터는 정규화 과정을 도입하여 구조적으로 운영, 관리할 수 있다. 정규화란 실제 세계에서 발생하는 데이터를 수학적 방법에 의해 구조화시켜 체계적으로 데이터 관리할 수 있도록 하는 이론이다.(이춘식, 2007) 따라서 본 연구는 건축 마감 공사에 대한 물량산출시 3차원 데이터 모델의 활용도를 높이기 위한 방안으로 정규화를 통한 3차원 데이터 모델 구축 및 활용방안을 제안하는 것을 목적으로 한다. 연구의 진행은 다음과 같다.

- (1) 3차원 데이터 모델 기반 견적산출에 대한 기존 연구 현황조사를 통해 BIM의 활용도와 한계를 분석한다.
- (2) 최근 발주된 BIM기반 건설 프로젝트를 대상으로 BIM활용 범위에 대하여 사전 인터뷰를 실시한다.
- (3) 문헌조사와 사전인터뷰를 토대로 견적 업무에 BIM 데이터가 어떠한 형태로 활용되고 있는지 분석한다.
- (4) 정규화를 통한 3차원 데이터 모델 구축 및 활용성 향상 방안에 대하여 제안한다.
- (5) 제안된 3차원 데이터 모델 구축 방법론을 파일럿 테스트(Pilot Test)를 통해 검증 한다.

2. 문헌 및 연구 사례

2.1 BIM기반 견적 관련 연구 현황

BIM의 장점중 하나는 과거에 2D도면을 기반으로 프로젝트를 진행할 경우, 설계변경이 일어나면 평면, 입면, 단면 등 모든 도면을 일일이 수작업으로 변경해야 했다. 이는 2D도면을 기반으로 작성되는 견적 업무에도 동일하게 적용된다. 건물이라는 3D객체를 2D매체로 사용하여 표현하려 했기 때문이다. 3D로 모델링한다는 것은 단순히 도면을 생성하는 것이 아니라 객체를 모델링 하는 것이다. 따라서 모델을 변경하면 관련된 모든 객체의 물량이 자동으로 일괄 업데이트되기 때문에 모델과 물량의 일관성이 보증 될 수 있다. 견적 작업은 프로젝트 수행에 있어 공사비를 측정하기 위한 수단으로써, 기획, 계획, 설계, 시공 등의 각 단계마다 수시로 이루어진다. 특히 설계단계에서는 많은 설계안에 대하여 지속적으로 견적 작업을 수행하여야 한다. 한 프로젝트 당 최소한 5~6번 정도의 반복적인 작업이 이루어진다.(최철호 외, 2006) BIM기반의 견적업무는 3차원 데이터 모델로부터 견적작업의 필요한 각 부재의 물량정보(길이, 높이, 면적, 개수 등)를 불러들여 내역과 연계하여 산출하는 것이다. 국내외 주요 연구

들을 살펴보면 오세욱(2001)은 견적자동화 시스템 구축을 위한 견적업무 프로세스를 분석하고 3D 객체정보를 활용하여 산출한 물량 데이터를 단가정보와 연동시켜 입찰 내역서를 작성하는 방안을 제시하였다. 또한 Sheryl(2003)는 설계변경에 따라 견적이 어떤 식으로 변경되는지에 대한 견적작업자의 지식을 반영한 온톨로지 기반의 소프트웨어 프로토타입인 ACE(Activity-Based Cost Estimating)를 개발하였다. 김성아 (2009)는 3D CAD기반의 견적 작업과 2D CAD 기반의 견적 작업의 비교를 통해 3D CAD 중 마감 부분 모델링 자동화 방안에 대하여 제시하였다. 최철호(2006)는 레시피(Recipe)기반의 견적 방법을 통해 기존 2D기반과 3D기반의 견적 작업간의 차이에 대해 소개하였다. 그러나 기존 연구의 경우 3차원 데이터 모델과 개발된 견적 소프트웨어 등을 연계하거나 필요한 부재를 자동 생성하는 자동화 연구에 초점이 맞추고 있어 연구의 대부분이 3차원 데이터 모델이 완벽하게 구축되어야만 한다는 것을 전제로 하고 있다. 하지만 물량 정보를 얻기 위해 모든 요소들을 모델링하는 것은 작업시간, 표현정도의 한계(Level Of Detail)등의 문제가 발생하게 된다. 이는 건축 설계안과 모델의 상이함이 존재하여 견적분야의 3차원 데이터 모델의 활용은 일부 적용에 그칠 뿐 큰 성과를 거두지 못하였다. (김성아 외, 2007)

2.2 BIM기반 견적 산출 프로세스

기존 견적 프로세스와의 가장 큰 차이점은 물량산출 근거 대상이 2D도면이 아닌 3D 데이터 모델이라는 것과 길이, 면적, 부피, 개수등을 일일이 확인하는 산출과정이 파라메트릭 기법으로 자동 산출이 가능하다는 것이다. 3차원 데이터 모델을 통해 물량산출이 이루어지고 물량검토가 끝나면 내역과 연계하는 견적작업이 진행된다. 이 과정에서 3차원 데이터 모델의 입력, 수정, 삭제, 출력을 통한 데이터의 생성 및 재활용이 반복적으로 이루어지게 된다.

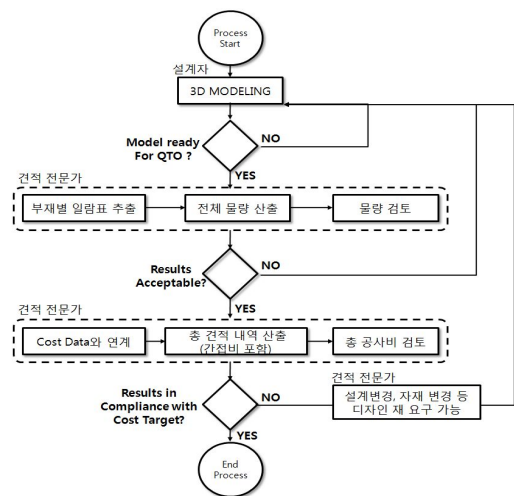


그림 1. BIM 기반의 견적 산출 프로세스 (출처 : Project Execution Planning Guide ver01.2009)

2.3 정규화 이론¹⁾

정규화란 데이터베이스를 좀 더 구조화하고 개선시켜 나가는 절차에 관련된 이론이다. 정규화의 기본원칙은 하나의 테이블에는 중복된 데이터가 없도록 하는 것이다. 정규화의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 적절한 엔티타입에 각각의 속성들을 배치하고 엔티타입을 충분히 도출해가는 단계적인 분석방법이다.
- (2) 정규화 기술은 엔티타입에 속성들이 상호 종속적인 관계를 갖는 것을 배경으로 종속 관계를 이용하여 엔티타입을 정제하는 방법이다.
- (3) 각각의 속성들이 데이터 모델에 포함될 수 있는 정규화의 원리를 이용하여 데이터를 분석하는 방법으로 활용할 수 있다.
- (4) 정규화는 현재 데이터를 검증할 수 있고 데이터 표현 관점에서 엔티타입을 정의하는 데 이용할 수 있다.
- (5) 정규화는 엔티타입을 오브젝트별로 분석하는 방법이 아닌 개별 데이터를 이용한 수학적 접근 방법을 통해 분석한다. <그림 2>는 엔티타입, 엔티티, 속성, 속성 값에 대한 관계를 도식화 한 것이다.

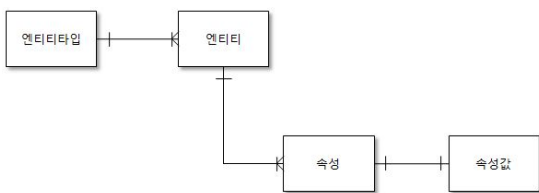


그림 2. 엔티타입-엔티티-속성-속성 값 관계도
(출처 : 데이터베이스 설계와 구축, 2007)

정규화는 방대한 양의 데이터를 효과적으로 관리하기 위해 사용되는 방식이다. 따라서 3차원 데이터 모델링의 정보도 정규화 과정을 통해 체계적인 관리가 가능하다.

정규화를 통한 3차원 데이터 모델이 기존 3차원 데이터 모델과 가장 큰 차이점은 기존에 비해 모델구축의 소요시간과 크기를 최소화 하는 반면, 추출되는 데이터의 정확성을 높일 수 있다는 것이다. 이를 위해서는 데이터 관리의 체계적인 규칙성이 요구된다.

3. 3차원 데이터 모델 정규화

3.1 개요

설계 단계에서의 3차원 데이터 모델 구축 시 계획, 기본설계 과정의 경우 1/100, 실시 설계 단계의 경우 1/50 정도의 축척을 적용하여 진행한다.(Senate BIM Guideline, 2007) 이와 같이 구축된 모델에서는 상세마감의 표현이 힘들기 때문에 1/50 미만의 표현은 2차원 상세도를 3차원 데이터 모델과 연계하여 활용한다. 하지만 이러한 방식으로 구축된 3차원 데이터 모델에는 부재가 누락되고 이에 따른 데이터의 부정확성 때문에 견적업무에서의 활용도

가 떨어지게 된다. 따라서 필요시 상세 마감까지도 모델링에 표현을 하지만, 객체의 증가로 인해 대용량 파일 운영 시 설계 변경 등에 빠르게 대처하기 어려운 단점이 예상된다. 이러한 문제점들을 실제 국내 프로젝트에서는 어떻게 반영이 되었는지에 대한 활용도 및 만족도를 파악하기 위해 사전 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰 결과를 토대로 견적업무에 적합한 모델링 구축방안과 데이터 추출방법을 제시하였다.

3.2 사전 인터뷰

국내 BIM환경 프로젝트에서의 3차원 데이터 모델 활용 정도와 이에 따른 만족도를 조사하기 위해 최근에 BIM기반으로 진행된 용인시민체육공원 조성사업 설계시공일괄입찰공사, 서울대학교병원 지하복합진료공간사업 임대형 민간사업, 전력거래소 건립 프로젝트 설계단계에 참여한 경험이 있는 OO 종합 건축사사무소 BIM설계팀 15명을 대상으로 각각의 설계단계가 완료된 시점에서 인터뷰를 실시하였다. BIM데이터는 건축, 구조, 기계설비, 전기, 토목 등 다양한 분야에서 사용되었으며 크게 도면추출, 간섭체크, 시공 시뮬레이션, 설계 대안검토, 견적 산출 업무에 활용되었다. 인터뷰 결과 건축분야의 경우 대안검토와 도면추출 업무에 3차원 데이터 모델의 활용 만족도가 높았던 반면, 견적산출 업무는 비교적 낮은 것으로 조사되었다.

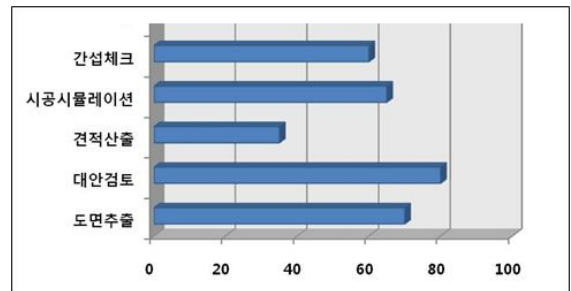


그림 3. BIM 데이터 실무 활용 만족도 조사

BIM 프로젝트로 발주된 국내 사례의 경우 견적업무에 3D모델 데이터가 사용되었긴 하지만, 이는 비교 검토용으로 사용되었고, 실제 견적작업은 3D모델에서 추출된 2D도면을 근거로 이루어졌다. 견적산출 업무에서의 3D모델 활용 만족도가 낮은 주요 원인에 대해 다음과 같은 몇 가지 특징을 발견할 수 있었다.

- (1) 작업방식의 변화 : 3차원 데이터 모델에서 추출한 부재별 일람표와 2D도면을 기반으로 물량산출을 한 뒤 견적 소프트웨어를 통해 내역서 작업 업무가 진행되었다.
- (2) 모델링의 상세 수준 : 설계 초기 단계에는 모델링의 수준이 미비하여 견적작업이 잘 이루어 지지 못하였다. 또한 설계가 어느 정도 진행된 후에는 모델링 정보의 양이 증가하여 견적작업에 필요한 데이터를 빠르게 추출하지 못하고, 설계에 반영이 안 된 부재의 경우 정보가 많이 누락되었다.
- (3) 물량 값의 불확실성 : 모델링이 되었음에도 불구하고 많은 양의 데이터들을 필요 항목에 따라 분류가 힘들

1) 데이터베이스 설계와 구축(이춘식 저, 2007) 의 내용의 일부를 발취한 것임.

있고, 이에 따른 검증 작업이 오래 걸려 견적 작업에 혼선이 많았다.

(4) 작업자간의 협업 부족 : 모델링 작업자와 견적작업자간의 프로세스에 대한 이해가 부족하여 협업이 원활히 이루어지지 못하였다. BIM 데이터 정보는 설계가 상세해질수록 그 양이 점점 증가하게 된다. 하지만 증가된 정보의 추출과 이에 따른 활용방법에 있어서 견적작업자의 BIM기반 작업프로세스의 이해가 부족하였고, 반면 3차원 데이터 모델을 구축하는 모델러의 경우 견적작업에 참여하지 않아 서로간의 의사소통이 원활하지 못하였다.

이처럼 3차원 데이터 모델이 구축되었음에도 불구하고 활용도 및 만족도가 낮은 이유는 견적업무에 부적합한 모델 구축과 출력된 정보의 사용이 어려움으로 나타났다. 따라서 정규화 과정을 통해 모델의 용량과 소요시간을 단축함과 동시에 출력 데이터의 정확성이 높은 3차원 데이터 모델을 구축하여야 한다.

3.3 정규화를 통한 3차원 데이터 모델 구축

데이터 정규화 과정을 위해서는 이에 맞는 3차원 데이터 모델 구축이 선행되어야 한다. 따라서 프로젝트 초기단계에서 기본적인 데이터 입력 방식에 대한 정의 및 어떠한 정보가 견적 분야에 필요한지에 대해 충분히 논의될 필요성이 있다. <그림 4>는 본 연구에서 제안하고자하는 데이터 정규화를 위한 모델링 생성 과정을 도식화 한 것이다.

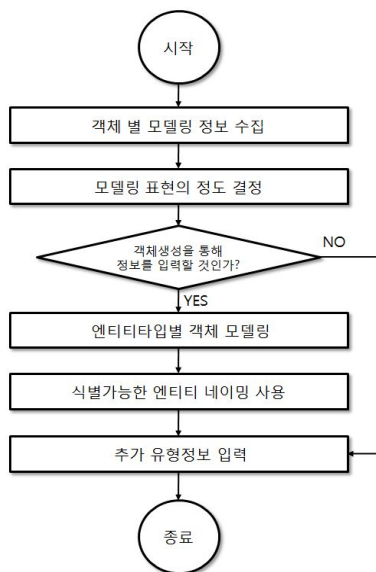


그림 4. 모델링 생성 방법 도식화

설계안에 따라 모델링을 시작할 객체별 정보가 수집되면 설계자, 모델링 작업자, 견적작업자 간에 협의를 통해 3차원 데이터 모델의 표현 정도의 한계(Level of Detail)를 결정한다. 그리고 재료별 형상정보로 표현할 것들과 유형 정보로 입력하여야 할 것들을 분리한다. 형상 정보는 3차원 데이터 모델로 표현이 되며 주로 벽, 슬라브바닥 등의 구체역할을 하는 부재들을 표현한다. 반면 건축 마감재와 기타 재료는 속성정보로 입력이 되며, 관

련된 모델의 객체에 속성 값으로 입력이 된다. <그림 4>와 같은 규칙에 의해서 작성된 하나의 객체는 엔티타입, 엔티티, 속성, 속성 값들로 체계적으로 정보가 입력되어야 하고 서로의 관계성이 존재하여야 한다.

(1) 수평 부재의 생성

수평적 부재인 천장과 바닥의 경우는 하나의 객체로 표현이 가능하다. 이 때 천장 및 바닥 마감은 하나의 형상정보(넓이, 둘레 등)와 유형정보의 조합으로 이뤄진다. 특수한 경우를 제외한 기준층의 경우는 일반적으로 한 공간의 바닥면적과 천장면적은 서로 같기 때문에 바닥과 천장을 구성하는 재료들도 같은 면적을 가지게 된다. 따라서 엔티티 타입에 따라 엔티티를 생성하고, 생성된 엔티티에 관련된 마감정보를 속성정보로 입력해준다.

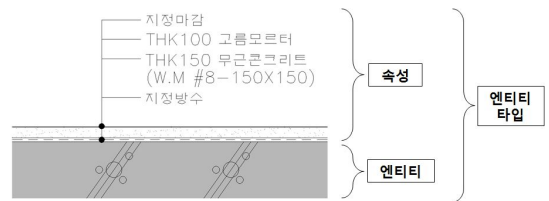


그림 5. 바닥 모델링의 구성

(2) 수직 부재의 생성

수직부재의 경우 구조벽체, 건축벽체, 중간재료, 최종 마감 재료 등을 동시에 데이터로 구축해야 하기 때문에 다양한 조합이 발생할 수 있다. <그림 6>은 벽체타입의 하나의 예시이다. 구체역할을 하는 벽체를 D1이라는 고유번호로 지정하고 하나의 엔티티로 형상 모델링을 진행한다. 이 D1이란 벽체의 기본재료는 일반 석고보드THK12.5와 C형 스티드 50X45X50 THK62.5 들로 이루어져 있다. 이같이 객체가 형성이 되면 이 벽체에 해당하는 외부, 내부의 정보들을 추가로 속성정보로 입력해준다. 내부는 WL-1이라는 독립된 기호로 명시해준다. 이 기호는 마감 지정 벽지 바름과 중밀도섬유판 걸레받이로 구성되어 있는 부재이다. 외부 역시 마찬가지로 WL-2라는 독립된 기호를 속성을 준다. WL-2는 마감이 수성페인트로 이루어졌다는 것을 뜻하는 기호로 사용된다.

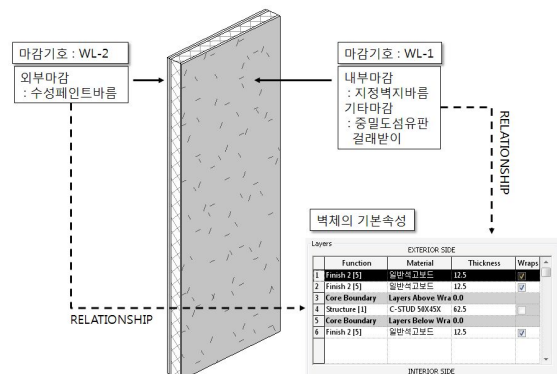


그림 6. 벽체 모델링의 구성

벽체 객체를 구성할 시 주의 점은 <그림 7>과 같이 하나의 벽체가 두 개 이상의 실과 면할 경우 같은 벽체라도 실별로 끊어서 모델링을 수행한다. 그 이유는 실별로 마감재로나 두께 등에 따라 각각의 속성정보 값이 다르기 때문이다.



그림 7. 두 개의 실에 면하는 벽체의 모델링

3.4 3차원 데이터 모델 정규화

정규화 규칙은 실제 프로젝트에서 두 가지 성격으로 중요하게 반영된다. 첫 번째는 엔티타입을 객체 분석 방법에 의해 도출하더라도 분석 방법의 배경에는 이미 중복 제거 및 고유기호에 의한 종속과 속성에 의한 종속 등 정규화 규칙이 설계자의 3차원 데이터 모델 구축 시 고려된다. 즉 속련된 3차원 데이터 모델 설계자의 경우 이미 정규화에 대한 개념이 확보된 상태에서 각각의 객체를 엔티타입으로 선정하여, 새로운 엔티타입으로 분리될 때 도 각 속성의 집합 개념과 종속성 개념을 적용하여 분리시켜 나간다. 두 번째는 정규화 방법을 프로젝트에서 적절하게 활용하기 위해 오브젝트별로 엔티타입을 분석해 가면서 각각의 오브젝트가 적절하게 도출되었는지 또는 더 분리되어야 하는지를 정규화 규칙에 대입하여 검증하는 것이다. 또한 단계별로 작업이 수행된 이후에 정규화 규칙에 의해 모든 엔티타입을 검증하는 작업이 필요하고, 이상이 있는 경우에는 정규화 규칙을 적용하여 엔티타입을 정제해 나가도록 한다. <그림 8>은 공간기준으로 분리한 건축모델의 데이터 정규화 진행 과정을 도식화 한 것이다.

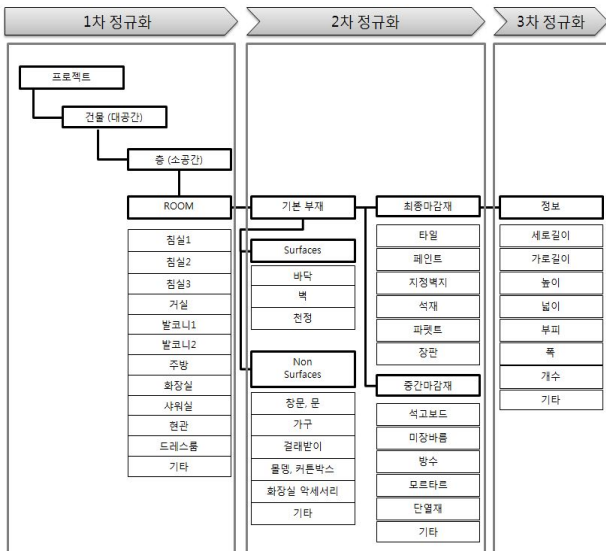


그림 8. 데이터 정규화 진행 과정

<표 1>은 하나의 프로젝트에 대해 여러 가지 정보 값들이 추출된 내용을 보여주는 최초의 테이블이다. 다음과 같이 테이블을 정의한 이유는 실제 견적을 위한 물량 분개에 있어서 공간을 기준으로 물량을 나누기 때문이다.

표 1. 공간기준 물량 데이터의 정리 예시

대 공간	소 공간	룸 정보	부위	재료	길이	폭	넓이
...
...
...

위와 같이 최초로 출력된 테이블의 경우는 많은 데이터들이 분류되지 않은 상태로 출력되게 된다. 초기 테이블의 경우 데이터의 양이 많아 견적업무를 위한 물량 데이터로 사용이 어렵다. 따라서 견적업무에 필요한 물량 데이터만을 추출해 내기 위해서 1차 정규화, 2차 정규화, 3차 정규화 작업을 순차적으로 진행한다.

1차 정규화는 복수의 속성 값을 가진 속성을 분리한다. 즉 테이블 하나의 열에는 여러 개의 데이터 값이 중복되어 나타나지 않아야 한다는 것이다. 이는 각 속성 값이 반복집단이 없는 원자 값으로만 구성되어야 한다는 것이다. <그림 9>는 1차 정규화 결과의 한 사례를 보여준다.

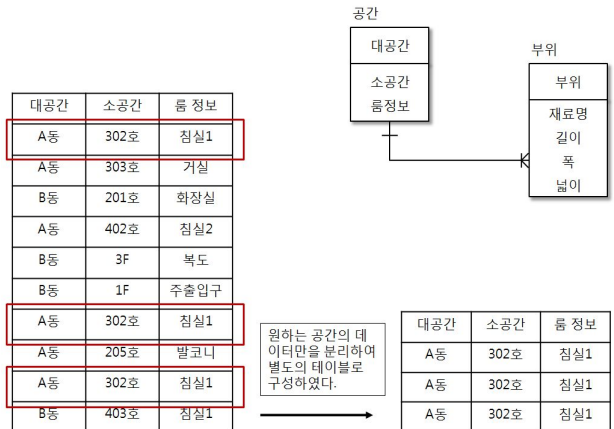


그림 9. 1차 정규화 결과

1차 정규화 과정을 통해 우선적으로 물량산출이 요구되는 공간과 요구되지 않은 공간들의 데이터를 분리한다. 이처럼 3차원 데이터 모델의 모든 객체들은 1차적으로 공간적 분류에 관계성 있게 대응하여야 한다. 공간적인 데이터만을 따로 분리하여 별도의 테이블을 작성하는 것으로 1차 정규화를 마친다. 하위 공간정보에 대한 건축 마감 테이블이 분류 되었다면 2차 정규화 과정을 수행한다. 2차 정규화는 주식별자에 종속적이지 않고 주식별자를 구성하는 일부 속성에 종속적인 속성을 분리하는 것이다. 1차 정규화를 진행하였지만, 공간이 최하위 개념인 침실1의 경우는 부위와 재료 등의 많은 정보들이 걸리지 않은 채로 나열되어 있기 때문이다. <그림 10>은 2차 정규화의 한 사례를 보여준다.

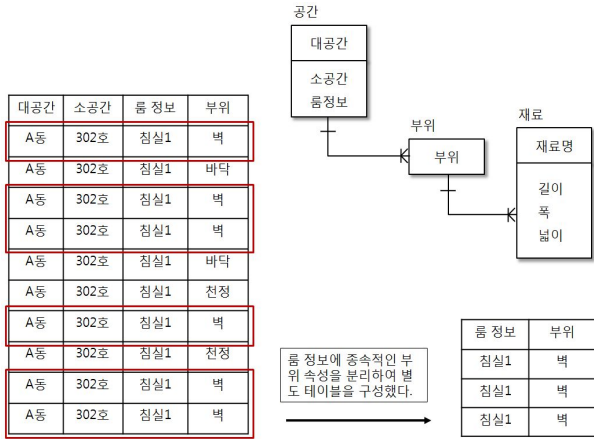


그림 10. 2차 정규화 결과

2차 정규화를 진행하면서 벽, 바닥, 천장 등의 각각의 부위별 마감속성들은 자신이 속한 테이블의 주 식별자에 의해 종속적 관계를 이루게 된다. 2차 정규화가 완료되면 침실1이라는 실에 종속되어 있는 부위별 정보를 얻을 수 있다. 하지만 산출 기준이 면적, 길이, 부피, 개수 등 각각의 재료마다 다르기 때문에 각각의 재료들을 분리하기 위해선 3차 정규화 과정이 추가 요구된다.

3차 정규화는 속성에 종속적인 속성을 분리하는 것이다. 즉 1차 정규화나 2차 정규화를 통해 분리된 테이블에서 속성 중 주식별자에 종속된 속성 중에서 다시 속성간에 종속 관계가 발생한다면 3차 정규화를 진행한다. 한 가지의 재료 결정자가 그 재료가 가지고 있는 길이, 폭, 넓이 등이 종속적인 속성이다. <그림 11>은 3차 정규화의 한 사례를 보여준다.

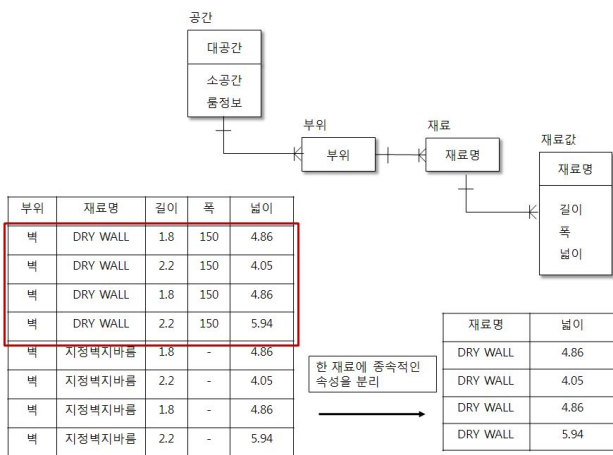


그림 11. 3차 정규화 결과

1차, 2차, 3차 정규화를 통해 견적 작업 시 필요한 물량정보에 대한 값들을 각각 공간적 부위별로 추출 할 수 있게 된다. 이는 설계자에 의해 모델이 수정 또는 변경될 시에 자동으로 물량이 업데이트 되어 설계 작업 시 설계자와 견적작업자간의 의사소통을 좋게 하여 설계 과정을 원활하게 해준다.

4. 사례를 통한 검증

본 연구에서 제안한 데이터 정규화 과정의 효과를 검증하고자 ○○기숙사 6인실은 대상으로 파일럿 테스트를 시행 하였다. 실험은 같은 대상을 놓고 두 가지의 방법으로 모델링을 수행하였다. 첫 번째는 견적에 필요한 요소들을 모두 모델링에 반영하는 방식으로 진행하였고, 두 번째는 본 논문에서 제안한 정규화를 고려하여 모델링을 진행하였다. 두 가지 방식을 통해 1) 모델링 소요시간과 객체의 수 비교, 2) 견적 데이터 추출 소요시간과 이에 따른 물량의 정확성을 비교분석하는 것을 목적으로 각각의 모델 및 추출데이터가 견적작업에 미치는 영향을 분석하였다. 작업자는 총 4명으로 실제 프로젝트 3차원 데이터 모델링 수행경험이 다수인 고급 기술자 2명과 모델링 수행경험 2~3회 있는 초급자 2명이 투입되었다. 검증을 수행하기 위해 사용된 프로그램 도구(Tools)는 다음과 같다.

- 3D 모델링 구축 : Autodesk Revit architecture 2010
- 2D Drawing 물량 검토 : Autodesk Autocad 2010

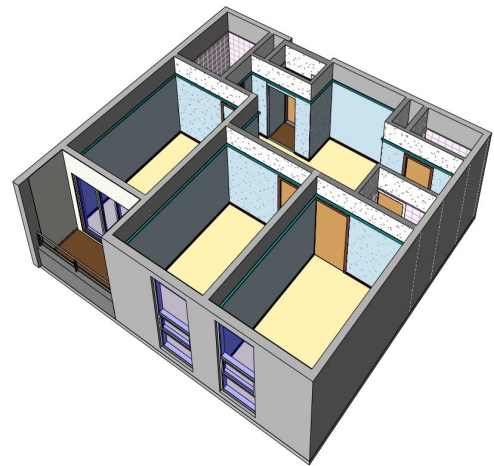


그림 12. 모델링 1안

<그림 12>는 첫 번째 방법으로 모델링을 수행한 결과물이다. 숙련자1인과, 초급자1인이 투입되었으며, 견적에 필요한 모든 부재에 대하여 모델링을 실시하였고, 정규화 과정을 고려하지 않고 진행하였다. 이 방법은 실제 국내 프로젝트에서 수행되었던 모델링 방법과 동일한 방법이다. 작업 소요시간은 숙련자의 경우 2시간 30분이 걸렸으며, 초급자의 경우 4시간이 걸렸다. 특히 건축마감의 경우 실의 용도에 따라 많은 타입의 객체가 생성되어 소요시간이 지연되는 가장 큰 원인이었다. 객체의 개수는 바닥 10개, 천장 16개, 벽 81개, 최종 마감재(문, 걸레반이, 커튼박스 등) 및 기타 69개, 총 176개의 객체가 생성되었다. 이는 ○○기숙사 건물에 6인실이 총 52개인 것을 고려하면 실제로 생성되는 객체의 수는 9152개에 해당된다. 하지만 최종 마감재까지 모두 표현이 되어 설계안에 대한 시각적 이해도가 높아지는 장점이 있었다.

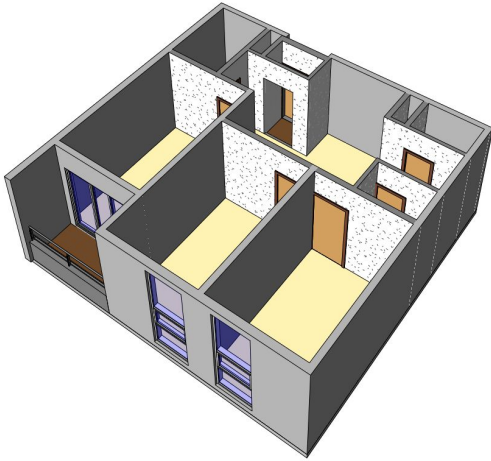


그림 13. 모델링 2안

<그림 13>은 본 논문에서 제안한 정규화 과정을 고려하여 모델링을 수행한 결과물이다. 첫 번째 실험 참가자와 실력이 비슷한 숙련자1인과, 초급자 1인이 투입되었다. 첫 번째 실험에서 모든 부재를 모델링으로 표현한 것과 달리 두 번째 실험에서는 정규화 과정을 고려하여 건적에 필요한 정보를 형상정보와 속성정보로 나누어 모델링에 반영하였다. 숙련자의 경우 1시간 30분이 소요되었으며 초급자의 경우 2시간 30분이 소요되었다. 이같이 첫 번째 실험에 비해 소요시간이 단축된 이유는 구조 부재의 경우 첫 번째 실험과 큰 차이가 없이 진행되었으나 건축마감의 경우 객체의 생성 개수의 양을 최소화하기 위해서 모델링을 수행하는 대신 관계성을 가지고 있는 벽, 천장, 바닥 등의 구조 부재에 속성 정보 값으로 입력을 해주었기 때문이다. 생성된 객체의 수는 바닥 10개, 천장 8개, 벽 37개, 최종 마감재 및 기타 11개로 총 66개가 생성되었다. ○○기숙사 건물에 6인실이 총 52개인 것을 고려하면 총 생성 개수가 3434개로 첫 번째 방법에 비해 5720개가 감소한 수치이다. 다음 <표 2>는 위의 비교내용을 정리한 것이다.

표 2. 모델링 소요시간 및 객체의 개수 비교(* : 6인실 총 개수)

분류		일반 3D모델	제안 3D모델
소요시간	숙련자 대상	2시간 30분	1시간 30분
	초급자 대상	4시간 00분	2시간 30분
	평균	3시간 15분	2시간 00분
객체개수	바닥	10	10
	천장	16	8
	벽	81	37
	기타	69	11
합계		176 EA	66 EA
총계 (합계 X 52*)		9152 EA	3434 EA

다음은 각각 완성된 모델을 통해 데이터 추출을 진행하는 실험을 실시하였다. 각각의 모델에서 추출된 물량

일람표는 1안의 경우 물량 데이터들이 정리가 되지 않은 상태로 추출이 되어 원하는 형태로 재가공하는 작업이 필요했으며 물량의 정확성을 확인하기 위해서 모델과의 비교 검토과정이 반복적으로 진행이 되었다. 반면 2안의 경우 정규화를 고려하여 진행되었기 때문에 공간별, 부위별, 재료별 분류가 1안에 비해 간단하였고, 모델링 과정에서 발생한 정보의 오류(누락, 중복)등의 검토과정이 간단하였다. 1안의 경우 <표 3>에 나타난 물량 값을 검토과정을 통해 정리하기 까지 2시간이 걸렸으며, 2안의 경우 45분이 소요되었다.

표 3. 각 과정에 따른 물량 데이터 비교

객체	재료	단위	실제 물량	1안 3D 모델	2안 3D 모델
바닥	모르타르 바름	M2	55.042	54.819	54.819
	비닐시트 깔기	M2	55.042	54.819	54.819
	욕실도막방수 보강	M	35.81	35.73	35.73
	자기질 타일	M2	10.658	10.606	10.606
	타일압착붙임 300X300	M2	7.69	7.638	7.638
	재료분리대(바닥)	M	0.9	0.9	0.9
	섬유보강 도막방수	M2	2.968	2.968	2.968
	타일압착붙임 200X200	M2	2.968	2.968	2.968
천장	경량철골천장틀	M2	55.042	54.819	54.819
	석고판	M2	110.084	109.638	109.638
	이중천장붙이기	M2	55.042	54.819	54.819
	비닐페인트	M2	6.584	6.532	6.532
	지정천장지바름	M	48.458	48.444	48.444
	수동롤스크린	M	4.25	4.25	4.25
	AL몰딩설치	M2	82.874	82.45	82.456
벽	커튼박스설치	M	7.92	7.92	7.92
	DRY WALL	M2	16.11	16.55	16.55
	벽체결로방지단열재	M2	10.88	9.53	9.53
	모르타르바름	M2	67.088	65.795	61.285
기타	지정벽지바름	M2	122.522	120.92	119.04
	중밀도섬유판 걸레받이	M	54.014	53.25	52.01
	발코니난간	M	2.27	2.27	2.27

<표 3>은 최종 확인된 물량 값의 정확성을 비교한 것이다. 실제 물량 값은 ○○기숙사 프로젝트 실시설계 2D도면을 근거로 적산방법을 통해 산출된 값으로서 실제 건적 내역 검토가 완료된 상태이기 때문에 물량 값의 정확도에 대해선 논하지 않겠다. 실제 물량 값을 기준으로 봤을 때 천장과 바닥의 수평 부재들에 대해선 값이 일치하거나 허용오차 ±5% 이내의 범위에서 근소한 차이를 보였다. 수직적 부재인 벽체의 경우도 오차 범위가 ±5% 이내로 차이를 보였지만 수평적 부재보다는 많은 오차가

발생하였다. 그 이유는 1안의 모델의 경우 시공과정과 유사한 방법으로 구조부재와 건축 마감부재를 따로 모델링을 진행하였기 때문에 재료마다 각각의 값들을 얻을 수 있었지만, 2안의 모델의 경우 최종 마감재의 정보를 관계성을 가지고 있는 구조부재나 바탕 마감재에 속성정보로 입력을 하였기 때문에 그 벽체와 같은 길이, 높이, 부피 값 등을 갖게 된다. 하지만 그 오차 값 또한 $\pm 5\%$ 내외의 미세한 차이이므로 설계단계에 적용되는 활용률 안에 존재한다. 따라서 정규화를 통해 3차원 데이터 모델링 구축을 최적화 하였으며, 출력 데이터 또한 견적업무에 바로 활용할 수 있었던 두 번째 실험이 첫 번째 실험에 비해서 더 효과적이라는 것이 검증 되었다.

5. 결론

견적업무에서의 BIM 기반의 3차원 데이터 모델 활용의 가장 큰 장점은 기존 2D CAD의 결과물에 비해 보다 빠르고, 정확하게 물량 검토가 가능하며 이에 따라서 시공성과 연계된 공사비, 공사 기간 등을 단축하여 더욱 좋은 건설 프로세스를 구축할 수 있다는 점이다. 단 3차원 데이터 모델링의 정확한 완성도가 요구되고, 견적업무에 필요한 데이터를 효과적으로 추출하여 활용할 수 있을 시에만 가능하다. 하지만 원하는 정보들을 모두 모델링으로 표현하는 것은 프로젝트 규모가 커질수록 한계가 있기 마련이고 축적된 정보의 양 또한 많아져 관리하기가 힘들어진다. 이러한 문제를 해결하고자 본 연구에서는 정규화를 통한 3차원 데이터 모델 구축 및 활용성 향상 방안을 제시하였다. 정규화 과정을 고려하여 OO기속사 건물을 대상으로 3차원 데이터 모델을 구축해본 결과 실제 프로젝트에 사용되었던 작업 방식보다 객체의 수가 1/3정도 감소되었으며, 이에 따라 소요시간도 단축되었다. 반면 출력 데이터의 물량 값은 견적내역업무에 바로 활용할 수 있을 정도의 정확성을 보여 실제 프로젝트에 사용되었던 작업 방식보다 견적작업에 활용도를 높일 수 있다는 것을 증명하였다. 본 연구의 결과는 BIM 모델링에 있어서 어떠한 정보를 어떠한 방법으로 입력하는지에 따라 출력 데이터도 달라진다는 것이다. 따라서 견적업무에 필요한 데이터를 빠르고, 정확하게 출력하기 위한 데이터 정규화 기준을 제시함에 있다. 향후 설계단계에서 구축된 BIM 데이터들이 일회성 결과물이 되지 않고 견적 내역서, 시공단계의 기성관리, 공정시물레이션과도 연계하는 방안에 대한 연구가 계속 진행되어야 하며, 활용도 높은 데이터베이스 모델링을 위해 더욱 체계적인 규칙성과 정규화 작업에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 최철호 외 5인, 레시피(Recipe) 기반의 견적 방법을 이용한 5D CAD 시스템, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006, pp.154~160

2. 김성아 외 3인, BIM 기반 공동주택 마감 물량 산출 생산성 향상을 위한 마감 모델링 자동화 시스템 개발, 대한건축학회 논문집, 제25권 제9호, 2009, pp.133~143
3. 이재철, 4D 모델의 활용성 향상을 위한 3D 모델 정보 기반 공정 자동생성 및 물량산출 모듈 개발, 대한건축학회 논문집, 제20권 제2호, 2004, pp.15~22
4. 이강, 건축물 수명주기 관리를 위한 핵심기술들, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006, pp.145~149
5. 오세욱 외, 3차원 CAD의 부위정보를 활용한 견적 자동화시스템 구축에 관한 연구: 공동주택을 중심으로, 대한건축학회 논문집 계획계, 제17권 제6호, 2001
6. 박성호 외 2인, 오브젝트-파라미터 통합 오피스 마감공사비 계산견적 모델, 한국건설관리학회논문집, 제8권 제2호, 2008, pp.159~165
7. 이춘식, 데이터베이스 설계와 구축- 성능까지 고려한 데이터 모델링, 한빛미디어(주), 2007
8. Melin, J. B, "Parametric estimation", Cost Eng, 36(1), 19-24, 1994
9. Sheryl S, Martin, F. and Melody, S, "Industrial Case Study of Electronic Design, Cost and Schedule Integration", CIFE Technical Report122, Stanford University, 1-18, 2001
10. The Computer Integtated Construction Reserch Group, "BIM Project Execution Planning Guide ver.01", The Pennsylvania State University, 2009
11. Senate properties, "Senate pproperties/BIM Requirements for Architectural Design 2007 Volume 7 : Quantity take-off", 2007

논문접수일 (2010. 09. 10)

심사완료일 (1차 : 2010. 10. 20, 2차 : 해당없음)

게재확정일 (2010. 12. 13)