교육시설물 공사비 관리 효율화를 위한 BIM 적용방안에 관한 연구

Study on the Application of 3D-based BIM for School Facilities to Increase Cost Management Efficiency

권 오 빈¹ 손 재 호² 이 승 현^{2*}

Kwon, O-Bin¹ Son, Jae-Ho² Lee, Seunghyun^{2*}

Graduate School, Hongik University, Yeongi-Gun, Chungcheongnam-Do, 339-701, Korea ¹

School of Architectural Engineering, Hongik University, Yeongi-Gun, Chungcheongnam-Do, 339-701, Korea ^{2}*

Abstract

Cost Estimating allows each entity in a construction project to plan, distribute, and control its required construction cost for the project. However, existing 2D design based estimating has problems, such as inaccuracy and inefficiency caused by missing, duplicated, or erroneous calculations. In this situation, current estimations for school facilities have more difficulties in forecasting construction costs due to an inadequate work breakdown structure for BOQ (Bill of Quantity) and insufficient guidelines for Basis of Estimate.

In this study, therefore, an effort was made to increase the efficiency of estimating for school facilities by applying a 3D modeling based BIM tool to quantity and cost estimates. In addition, this study suggested a reasonable work breakdown structure for BOQ that was appropriate when 3D modeling was applied, and verified it through a case study. The authors tried to provide a BIM-based estimating method for school facilities to obtain greater accuracy and efficiency by having more information in an earlier stage.

Keywords : Construction Cost Management, school facilities. Building information modeling, quantity survey, WBS

1. 서 론

1.1 연구의 목적

IT산업의 비약적인 발전에 따라 2D를 거쳐 3D, 4D에 이르기 까지 건설 프로젝트의 수행, 업무 진행방식의 발전과 더불어 프로젝트 정보를 관리하는 방식에도 큰 변화를 가져왔다[1]. 이런 발전에 따라 3D BIM을 기반으로 한 견적자동화를 통해 물량산출의 정확성 확보 및 설계변경 시 요구되는 물량산출의 대응력에 대한 요구가 증대되어 최근

BIM(Building Information Modeling)을 기반으로 견적업무프로세스를 자동화하려는 연구가 다양한 관점에서 시도되고 있다. 3D 기반의 BIM은 설계 초기단계부터 프로젝트에 포함되는 다양한 정보를 체계화하여 관리에 소요되는 시간, 이력, 비용을 줄일 수 있고, 프로젝트의 수행에 있어 이전 단계에 사용된 정보가 다음 단계의 업무수행에 효과적으로 활용될 수 있도록 연계가 가능하다.

하지만 현재 3D Cad Model에 정확한 물량산출을 위한 물량정보의 입력에 대한 한계가 있고, 그 체계와 구축에도 한계가 있으며[2], 내역체계는 동일한 작업에 대하여도 작성자에 따라 내역서의 항목구성 방법이나 공종의 내용이 상이하여, 공사비자료 수집 및 축적의 근거로 하기에는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 교육시설물의 공사비 관리 효율성 제고를 위해 최근 건설 산업에서 활용되고 있는 3D BIM 기반 기술을 활용한 적절한 물량산출 방법과 분류체계를 구축하고 이를 통해 3D BIM 기반 견적업무의 효율성 증

Received : September 15, 2010

Revision received : December 2, 2010

Accepted : December 9, 2010

* Corresponding author: Lee, Seunghyun

[Tel: 041-860-2213, E-mail: slee413@hongik.ac.kr]

©2010 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

대방안을 제시 하였으며, 2D기반 견적과 3D BIM을 기반으로 한 물량산출 방식의 분석을 통해 장·단점을 분석하고 사례연구를 통해 공사비 관리 효율성 제고를 위한 3D 기반 BIM 적용방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구의 범위는 개념설계단계에서 상세설계단계까지의 공사비 관리를 위해 물량산출 및 견적업무를 대상으로 연구를 진행하였으며, 여러 시설물 중 교육시설물을 중심으로 하여 3D BIM 적용방안을 제시하는 것으로 연구의 범위를 한정 하였다.

교육시설물의 공사비 관리를 위해 3D BIM기반 물량산출과 견적업무를 활용하며, 3D BIM기반 물량산출을 위해 교육시설물의 분류체계를 제시하고 제시한 분류체계를 활용하여 2D 기반 견적과 3D BIM 기반 공사비산출 사례연구를 통해 공사비와 물량의 차이를 분석하고 공사비의 변동사항을 파악하여 3D BIM을 기반으로 한 건설프로젝트의 적용방안을 제시하고자 한다.

트 엑셀(MS Excel)프로그램을 활용한다. 이를 위해 본 연구는 Figure 1과 같은 절차를 거쳐 연구를 진행 하였다.

첫째, 본 연구와 관련된 기존 연구동향과 현재의 기술수준의 조사를 위해 기술수준에 대해 알아보고 기존 연구와의 차별성을 제시하였으며, 3D 기반 BIM의 활용가능성에 대해 알아보았다.

둘째, BIM 기반 분류체계 제시를 위해서 건설정보분류체계와 현재 교육시설물의 내역체계를 분석하고 공종별 Activity 도출을 통하여 교육시설물에 적용할 수 있는 분류 코드체계를 제시하였으며, 물량산출을 위한 BIM 기반 3D 모델링 시 주의 사항 및 특이사항 대해서 서술하였다.

셋째, 앞서 제시한 3D BIM 적용방안을 사례연구를 통해 3D BIM 기반의 견적 및 물량산출 정확성 분석을 통해 교육시설물 물량산출 및 견적업무의 효율성을 제안한다.

마지막으로, 본 연구의 결과를 요약, 정리하며 연구의 한계점 및 향후연구방향에 대하여 제시하였다.

2. 예비적 고찰

2.1 기존연구동향

견적에 대한 기존 연구는 초기에는 개산견적에 대한 연구로 사업초기인 기획, 설계단계에서 의사결정을 위한 공사비 산출방안에 초점을 맞추고 있다. 1990년 후반부터 CAD를 이용한 물량산출이 시도 되었으며 BIM(Building Information Modeling)의 발전에 따라 BIM을 기반으로 견적업무프로세스를 자동화하려는 연구가 다양한 관점에서 시도되고 있다.

Oh et al[3].은 CIC를 기반으로 설계와 견적단계에서 물량산출 및 계약단가 산정 및 설계단계 기본 물량정보 흐름을 원활히 진행하기 위해 아파트 공사를 대상으로 건설정보 분류체계를 구축하고, 부위 정보를 객체지향 개념을 사용해 규명하여 부위별, 공종별 물량산출을 통한 입찰 내역서 작성이 가능한 견적시스템 구축방안을 제시하였다.

Choi et al[4].은 3D CAD 시스템을 활용한 물량산출시스템 중 상용화된 제품의 국내외 사례의 시스템 운영상 문제점 분석 검토를 통해 컨스트럭터(Constructor)의 견적모듈인 레서피 기반의 3D 물량산출 시스템의 실제 적용사례를 비교 및 분석 하였다.

Kwon and Jo[5].는 BIM의 효과적 도입을 위해 2D도면의 유형과 도면요소의 분류체계 표준화를 통해 2D 도면의 기본적인 틀과 발전방향을 제시하였다.

Lee et al[6].은 BIM기반 견적자동화 체계구축을 위해

Figure 1. Research Procedure

이를 위해 3D BIM기반 물량산출을 위해 BIM 도구인 아키캐드(Archicad)를 활용 하였으며¹⁾ 견적업무에 마이크로 소프트웨어

1) 본 연구에서 설명하는 모델링 방법 및 물량산출은 모두 아키캐드를 기준으로 설명되어졌다

Modeler가 내부적으로 가지고 있는 Quantity Data Type 추출, 분석 및 검증 체계를 개발하였다.

Yoo[7].은 2D기반 견적방식과 비교·분석을 통해 장·단점 분석하고 BIM을 활용한 견적실무의 효율화 방안 제시하여 기존 견적방식의 문제점에 대한 개선을 위해 3D기반 BIM을 적용한 견적방식을 제안하였다.

이와 같이 BIM을 기반으로 한 견적업무의 자동화연구는 물량산출과 물량산출을 위한 분류체계의 표준화가 주를 이루고 있다. 하지만 물량산출에 관한 연구는 적용사례 및 시스템 개발이 주를 이루어 물량산출에 실질적으로 필요한 세세한 부분에 관한 연구는 다소 부족한 상태이다.

분류체계의 표준화에 대한 연구는 현재 각각의 건설사의 분류체계가 다르며 이를 통합하여 표준화하는 것도 사실상 어려운 실정이며, 많은 한계점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 3D BIM기반 분류체계를 적용할 수 있는 교육시설물을 대상으로 하여 연구를 진행하였으며, 물량산출에 관한 연구에서도 물량산출에 실질적으로 필요한 부분에 대한 연구를 수행함으로써 기존 연구와의 차별성을 두었다.

2.2 기존연구동향

기존 공사비 산정을 위한 물량산출 업무는 많은 부분을 수작업에 의존하여 작업자의 실수가 빈번하게 발생하고, 담당자의 노하우에 따라 물량의 차이가 존재하기도 하며, 적산단계에서 도면 작업자 및 견적 작업자의 업무 2원화로 적산 결과에 대한 물량의 정확성에 대해 실시간 확인이 불가능한 상태라고 할 수 있다. 또한, 설계변경에 의해서 물량산출을 위한 재작업에 들어가게 될 경우 모든 물량산출 프로세스를 다시 거쳐야 하는 문제가 있다. 3D BIM개념의 적용으로 설계가 발전되는 과정에서 중간 견적은 문제를 빨리 파악하고 다른 대안을 조기에 고려할 수 있도록 해준다. 이러한 작업방식은 정보에 기초해 의사결정을 내려서, 제한된 예산을 만족하면서도 양질의 결과를 가져올 수 있도록 해준다. 3D기반 BIM 기술의 사용은 시간과 원가를 절약하고 동시에 잠재적으로 발생할 수 있는 실수와 분쟁을 줄여줌으로써 건설 프로젝트의 원활한 진행에 도움을 준다.

3. 3D BIM 기반 분류체계

기존 2D 기반 견적은 수량산출서와 도면을 토대로 작성된다. 하지만 이렇게 작성된 내역서는 도면과 수량 산출서의 정보 오류와 비정형화로 인해 공정정보와의 연계가 어렵고 내역서의 물량을 Activity에 분개하는 작업에 많은 시간이 소요되어 작업의 효율성이 떨어진다. 이에 본 연구에서는 BIM 기반

견적에 활용하기위해 기존 교육시설물 내역체계를 부위에 따른 공정별 분류체계를 제시하였으며, 이를 3D BIM 기반의 견적에 적용할 방안을 모색하고 이를 활용하여 공사비 관리에 사용하고자 하였다.

3.1 부위별 분류체계

국어사전에 의하면, 부위(Element)란 “전체에 대하여 부분이 차지하는 위치”라고 정의 하고 있다. 시설물 부위(요소)는 공간을 점유하여 새로운 공간개념을 만들어 내거나 단위 시설물을 생성하는 기본단위로써, 일반적으로 공간 개념이 희박한 토목시설물의 경우, 시설물의 기능적 측면에 따른 분할이 곧 부위(요소) 개념을 갖게 된다. 시설물의 부위(요소)는 기능적 관점에서 시설물의 한 부분으로 공간을 둘러싸고, 나누고 공간기능을 지원함으로써 구성요소의 개념을 가지는데, 단위 시설물을 구성하는 부위 구성기준에 의한 분류로서 각각의 부위요소를 합성시키면 공간이나 단위시설물을 형성하게 된다. 또 대부분의 공사가 부위별로 진행되는 공종(작업)의 집합체라는 개념으로 파악될 수 있도록 부위요소의 분류체계 정립이 이루어져야 한다. 부위분류가 단독으로 활용되는 경우는 주로 설계단계이다. 즉, 도면의 작성이나 설계도면의 데이터베이스화, CAD/CAM/에 따른 도면 전산화 작업에는 부위분류가 중심이 된다[8].

기타 부위별 내역관리나 공사비관리에도 역시 부위 개념이 도입될 수 있으며, 또한 프로젝트 전반에 걸친 계획이나 세부 공정관리에 이르기까지 그 사용 범위를 넓힐 수 있다.

Table 1. Main Category Items of Structures (Domestic)

Construction Information Classification(Parts)		
<Civil Engineering Facilities Part>	<Ground and Subsurface>	<Fabric>
01. Main road	11. Site	21.Column
02. Track railroad	12. -	22.Beam
03. Bridge	13. File foundation	23.Wall
04. Tunnel	14.Bottom foundation	24.Bottom
05. Port, River	15. -	25.Stair, Ramp
06. Dam	16. Foundation	26.-
07. -	17. Retaining Wall	27.Roof
08. Airport	18. Understructure	28. base structure
09. Civil engineering facilities part, Etc.	19. ground and Understructure	of other shape
	20.base structure	29.base structure

3.2 3D BIM 기반 교육시설물 분류체계 정립

부위별 분류체계와 공종별 분류체계를 서로 연결시킬 수 있

는 공통분모로서의 3D BIM 기반 교육시설물 분류체계를 구성하기 위해서 각기 다른 기준으로 이루어져 있는 부위별, 공종별 분류체계의 명확한 기준을 세워놓아야 분류체계를 구성하는데 혼동을 없앨 수 있을 뿐만 아니라 내역서 작성 시 표준화된 작업분류 체계와 3D 모델의 부위 또는 공간을 기준으로 작성할 경우 내역서와 3D 모델이 서로 연관관계를 갖게 되어 상호간의 연계와 물량분개 작업이 용이하고 정보의 정확성이 높아진다. 하지만 현재 교육시설물의 경우 표준화된 작업분류체계(WBS : Work Breakdown Structure) 및 내역서 작성 지침의 부족으로 인하여 단가 산정에 정확한 근거 마련이 힘든 실정이다[9].

따라서 본 연구에서는 2008부터 2009년까지 A교육청 산하에서 발주된 교육시설물의 강당동의 내역서를 바탕으로 공종별 분류체계를 Figure 2와 같이 작성하였다. 시설물, 부위, 공종 정보로 이루어진 교육시설물 분류체계를 작성하기 위한 기본 정보로 교육시설물 내역항목을 바탕으로 하위 Activity를 도출해내어 부위에 따른 작업분류체계를 구성하였다.

Figure 2. WBS of School Facilities

3.3 3D BIM 기반 교육시설물 분류체계 코드화

본 연구에서 제시하는 부위에 따른 공종별 분류체계 코드는

하나의 부위에 포함된 여러 가지 필요 공종에 각각의 코드를 부여하여 활용한다.

위에서 분석한 교육시설물 작업 분류체계를 3D BIM 기반에 적용시키기 위해 Table 2의 부위별 분류체계와 교육시설물의 공종별 분류체계를 설계초기 단계에서부터 상세단계에까지 사용 가능하도록 Table 3과 같이 부위에 따른 공종별 분류체계코드를 제시하였으며, 사례연구진행에 있어서 부위에 따른 공종별 분류체계를 활용하였다.

Table 2. Classification Code for Parts and Work Types

Division	LEVEL1	LEVEL2	LEVEL3
Lecture hall	Architecture, Civil engineering	Parts (Foundation, Column, Beam)	Parts (Temporary Work, Earth work, Reinforced concrete work)
Code	Two-figure	Two alphabet-figure + Two-figure	Three-figure

Table 3. Classification Code for Parts

Part	Code	Part	Code
Foundation (FD)	01 Independent footing	Bottom (BT)	03 complex bottom
	02 Continuous footing		04 Gallery, balcony
	03 Mat foundation		01 winding staircase
	04 Combined footing		02 Decay staircase
Retaining Wall (RW)	01 Retaining wall	Stairs (ST)	03 Spiral staircase
	02 Breast Wall foundation		04 Ramp
Column (CO)	01 Steel Column	Roof (RF)	05 Ladder
	02 Concrete column		01 Terraced roof
	03 Precast column		02 Curb roof
Beam (BE)	01 Steel Beam		03 Roof of iron
	02 Concrete beam		04 dome
	03 Precast Beam		05 Structures roof
	04 Other forms of beam		01 Wall arch
Wall (WA)	01 Bearing wall	Arch (AR)	02 Bottom arch
	02 nonbearing wall		03 Ribbed arch
	03 a prefabricated wall		04 Vault
	04 Curtain wall		01 suspended ceiling
Bottom (BT)	01 Slab	Ceiling (CL)	02 louvers suspended ceiling
	02 a prefabricated bottom		03 etc.

다음 분류코드 01-CO02-003-001은 콘크리트 기둥 부위에 따른 공종별 분류코드 체계의 예시로 01은 Level1에 해당하는 건축공사로 2자리 숫자로 조합되며 CO02는 Level2에 해당하는 부위별 코드로 2자리 알파벳과 2자리의 숫자로 조합되며 CO는 기둥을 02는 기둥 중 콘크리트 기둥을 나타낸다. 003은 Level3에 해당하는 공종별 분류로 철근콘크리트 공사로 3자리의 숫자로 조합되며, 001은 해당 공종에 대한 Activity로 철근콘크리트 공사 중 콘크리트 타설을 나타내며 이를 조합하면 건축공사 중 콘크리트 기둥 부위의 철근콘크리트 공종에 해당하는 철근콘크리트 타설 Activity가 된다.

부위에 따른 공종별 코드분류체계는 Figure 3과 같이 강당 등의 벽체를 예시로 들면 외벽 부위에 포함되는 Activity들은 점토벽돌 치장쌓기, 스티로폼, 철근콘크리트, 미송, 석고보드 Activity를 가지며, 이 Activity들은 공종별 분류인 조적공사, 수장공사, 철근콘크리트공사, 목공사와 연계되어 활용할 수 있다.

이처럼 공종별 분류를 부위별 분류와 접목시켜 코드를 부여하였을 때 공종별 코드를 가지는 객체는 부위 정보를 포함하게 되어 정보가 구체화 될 수 있다. 부위에 따른 공종별 분류체계는 부위별 분류를 통해 설계단계에서의 공사비 예측에 이용될 수 있을 것으로 생각되어지며 상세설계 단계에서는 공종별 분류를 통한 견적에 이용될 수 있을 것이다.

Figure 3. An Example of Suggested WBS of Walls

다음 Figure 4와 Figure 5는 바닥과 천장의 분류체계의 예시이며 바닥과 천장도 벽체의 체계와 마찬가지로 각 Activity들이 공종별 분류와 연계가 가능하다.

Figure 4. An Example of Suggested WBS of Slabs

Figure 5. An Example of Suggested WBS of Ceilings

3.4 3D BIM 기반 물량산출 및 견적프로세스

3D BIM 기반을 활용한 견적 방식은 2D 기반의 견적 프로그램에서 사용되는 방식과 달리 도면작성 과정 중, 물량산출에 필요한 정보를 입력할 수 있으며, 앞에서 제시한 부위에 따른 공종별 코드를 생성할 수 있다.

즉, Figure 6과 같이 기존 방식에서는 도면자체와 연계할 수 있는 정보의 입력이 불가능하여 별도의 속성과 기준을 명시해야 하고, 도면의 변경에 따른 속성과 기준의 변경도 수작업을 통해 별도로 지정해야 하는 문제를 가지고 있다. 그러나 3D BIM 기반 방식의 경우, 도면이 작성됨과 동시에 이와 연계된 정보를 입력하여 설계도면의 변경 및 오류에 신속하게 대응할 수 있다.

도면과 연계된 정보는 BIM 도구와 연결되어 향후 견적을 위해 별도의 입력 없이 견적업무 진행이 가능하며, 도면의 정보변경 시 기존방식과 달리 자동적으로 변화한 물량을 파악할 수 있다. 예를 들어 평면도의 치수 변경 시 입면 및 단면의 변화가 함께 발생하며, 이는 도면정보의 물량과도 연계되어 작동하게 된다. 이는 기존의 물량산출시 도면정보 변경에 대한 작업의 반복성을 줄일 수 있다.

Figure 6. 3D The Quantity and Cost Estimate Process by 3D-Based BIM

4. 물량산출을 위한 3D BIM 모델링

정확한 물량산출을 하기 위해서는 3D BIM 기반의 도면생성 시 정확한 정보의 입력이 필요하며, 정확한 정보의 입력은 설계가 구체화 될수록 물량산출이 정확해지고 그에 따른 프로젝트 비용 산출도 보다 정확하게 된다.

이에 본 연구에서는 3D 기반 BIM (Archicad 기준) 모델링 시 물량산출에 영향을 줄 수 있는 사항들을 제시하여 올바른 모델링 방법을 제시하고자 하였으며, 모델링을 통한 물량 산출 방식을 크게 두 가지로 나누어 객체별 모델링에 의한 물량산출, 객체별 모델링 비율에 의한 물량산출로 구분하여 제시하며 추후 사례연구에 적용하고자 한다.

3D 기반 BIM 모델링 생성 시 각 객체들은 도구상자의 각 객체를 선택하여 생성할 수 있으며, 설정 창을 통하여 수정 및 편집이 가능하다. 이 때 객체를 생성하기 전 미리 설정 값을 적용할 수 있으며 BIM 도구에서 제공하는 다양한 설정 값을 통해서 사용자가 원하는 객체의 생성이 가능하다. 객체 생성 시 벽, 보, 기둥, 슬래브 등 여러 디자인 도구들을 활용하여 건축구조물이 구성되며 이 때 각 객체의 생성 후 물량 변화가 가장 많이 일어날 수 있는 부분은 객체의 겹침에 따른 물량산출의 우선순위가 달라 물량산출의 변화가 발생할 수 있다.

Figure 7. Building Drawings by BIM design Tools

객체의 겹침에 따른 물량변화는 시각화만을 위한 모델링에서는 문제발생 소지가 적지만 물량산출을 위한 모델링일 경우 겹침 부분의 공제부위가 우선순위에 따라 다르기 때문에 공제부위 및 중복산출 부분은 물량산출의 정확도에 있어서 중요한 요소로 작용하게 된다.

Figure 8과 같이 벽, 보, 기둥, 슬래브 객체들이 Table 4와 같이 일체화되어 건축구조물을 구성하기 위한 일부분이 되어진다.

각 객체들의 일체화가 이루어질 때 위에서 언급한 객체 겹침에 의한 물량의 우선순위가 발생하게 된다.

Figure 8. Objects for Building Drawings

Table 4. Integration of Objects

Each Object	Integration of Object

Table 5, 6은 BIM 도구에 의해 자동 생성된 물량산출로 객체가 개별적으로 존재할 때의 물량과 일체화 되었을 때의 물

량산출로 개별 객체들이 일체화 되어질 때 객체의 겹침 부위 즉, 객체의 물량산출시 중복되는 부분이 생기게 된다.

Figure 8과 같이 옹벽, 슬래브, 보, 기둥의 개별 물량은 Table 5와 같이 자동으로 산출되었다.

객체 일체화 시에는 Table 6과 같이 물량이 산출되었으며, 일체화시 중복되는 부분의 물량은 0.672m³로 다음 식 $(0.6 \times 0.4 \times 0.4 \times 2) + (4 \times 0.2 \times 0.2) + (0.4 \times 0.2 \times 4)$ 으로 산출할 수 있다.

객체가 일체화 되면서 보와 옹벽 부분의 물량이 공제가 되어졌고 기둥과 슬래브의 물량은 기존과 같은 물량을 유지함으로 객체의 겹침에 따른 물량공제의 우선순위가 적용되어 객체의 물량에 변화가 발생한다.

Table 5. Quantity Estimates of Each Object

		Quantity Estimate			
Factor ID		Volume(m ³)			Total Volume
Column-01	---	---	0.43	---	0.43
Column-02	---	---	0.43	---	0.43
Beam	---	0.96	---	---	0.96
Slab	4.8	---	---	---	4.8
Breast wall	---	---	---	1.6	1.6
Total					8.22 m ³

Table 6. Quantity Estimate When All Objects are Integrated

		Quantity Estimate			
Factor ID		Volume(m ³)			Total Volume
Column-01	---	---	0.43	---	0.43
Column-02	---	---	0.43	---	0.43
Beam	---	0.64	---	---	0.64
Slab	4.8	---	---	---	4.48
Breast wall	---	---	---	1.57	1.57
Total					7.55m ³

또한 Table 7과 같이 같은 객체가 분리되는 것과 연결되는 상태에 따라 Table 8과 같이 물량의 변화가 발생하게 된다.

벽 객체가 분리되어 있어도 3D상에서는 연결된 것 같이 나타나게 되어 작업자의 실수를 초래할 수 있다.

Table 7. A Modeling Example of Connection and Separation of Wall Objects

Table 8에서 볼 수 있듯이 벽체가 연결되었을 때는 중복되는 물량인 0.108m³는 벽1과 벽2에서 공제되어 지지만 분리된 상태에서는 물량이 중복 산출되어 물량의 오차가 발생하게 된다.

Table 8. Quantity Differences Caused by Connection or Separation Between Objects

		Quantity Estimate		
Component		①Wall size	②Connection Wall Object	③Separation of Wall Object
Factor ID		Volume (m ³)		
Wall - 1		2.7	2.65	2.7
Wall - 2		2.16	2.11	2.16
Total		4.86	4.76	4.86

이와 같이 객체의 겹침에 의한 중복부분은 정확한 물량산출의 중요한 요소로 작용한다. 이는 슬래브, 보, 기둥, 벽의 객체에서 뿐만 아니라 슬래브, 벽을 사용하여 마감부위에 활용하기 때문에 각 객체의 특성에 대한 이해는 정확한 물량산출을 위해 가장 기초적이며 또한, 중요한 요소로 작용한다.

4.1 객체별 모델링에 의한 물량산출 방식

객체별 모델링에 의한 물량산출은 모든 객체에 대해서 모델링 하는 것으로 정확한 물량산출이 가능하다. Figure 9은 객체별 모델링의 예시로 길이 5m 와 4m, 높이 2.7m, 두께 0.2m의 콘크리트 벽체에 1.5m×0.9m 개구부가 존재하고 벽

체에 대한 마감으로 두께30mm 미송각재와 두께12mm 석고보드를 시공하게 된다. 객체별 모델링에 의한 물량산출은 이렇게 진행되는 모델링에 대해 웅벽 생성 후 미송각재 생성 석고보드 생성의 과정을 거쳐 모델링이 완성된다. 이는 각 객체에 대한 모델링작업의 시간은 증가하지만 객체와의 1:1 매치를 통해서 정확한 물량산출이 가능하며 산출물량은 Table 9와 같다.

Figure 9. An Example of Modeling for Each Object

Table 9. Quantity Estimates by Modeling Each Object

Factor ID	Layer	Quantity Estimate				
		Volume	Opening Volume	Wall Area	Opening Area	Wall Area
Wall - 001	Concrete wall	2.38	0.27	-	-	-
Wall - 002	Concrete wall	2.11	-	-	-	-
Wall - 003	The Oregon pine	-	-	12.96	1.35	11.53
Wall - 004	The Oregon pine	-	-	10.26	-	10.18
Wall - 005	Plaster	-	-	12.88	1.35	11.5
Wall - 006	Plaster	-	-	10.18	-	10.15

Table 10. Duplicate Area Generated by the Overlap of Objects

콘크리트벽체의 물량은 체적을 기준으로 산출되어졌으며 면적을 기준으로 하는 마감물량은 면적을 기준으로 산출되었다.

이는 BIM 도구에서 필요한 물량 기준을 설정 할 수 있으며 Table 9처럼 벽 - 003의 총 면적은 12.96m²으로 산출되지만 벽의 면적은 개구부의 물량을 공제한 11.53m²이 산출된다. 그리고 Table 10의 각 객체의 겹침에 의한 중복부분도 자동적으로 공제되어 물량이 산출된다.

이와 같이 객체별 모델링에 의한 물량산출방법은 결과 값에서 나타나듯이 객체간의 1:1 대응을 통해 정확한 물량 산출이 가능하다.

4.2 객체별 모델링에 의한 물량산출 방식

Figure 10. An Example of Modeling by Applying a Ratio on Objects

객체별 모델링 비율에 의한 물량산출은 대표적인 부재 또는 재료를 모델링하여 모델링한 부재를 기준으로 비율로 물량산출을 하는 방법으로 Figure 10과 같이 모델링 되어진 벽체의 물량을 Table 11과 같이 산출하고 벽에 마감에 해당하는 미송과 석고보드의 물량에 대해서는 콘크리트벽체의 면적에 비율을 적용하여 산출해내는 방식으로 미송과 석고보드의 모델링에 필요한 소요시간은 줄어드는 장점을 가지고 있다.

Table 11. Quantity Estimate by Applying a Ratio on Objects

Factor ID	Layer	Quantity Estimate				
		Volume	Opening Volume	Wall Area	Opening Area	Wall Area
Wall - 001	Concrete wall	2.38	0.27	13.5	1.35	12.15
Wall - 002	Concrete wall	2.11	0	10.8	0	10.8

하지만 객체별 모델링 비율에 의한 물량산출방식은 작업하는 사람의 평균 데이터 치가 반영됨으로 작업자의 노하우가 있어야 가능하며 정확도의 정도에 관한 표준사항의 지정이 필요하여 객체별 모델링 비율에 의한 물량산출은 작업 전 정확도에 관한 기준이 정확히 명시되어야 추 후 물량산출의 작업에 있어 혼선을 막을 수 있다. 이러한 추세에 맞추어 외국의 3D BIM기반 건설 소프트웨어 개발 업체는 자체의

LOD(Level of Detail)을 작성하고 있는 실정이다.[10] 물량 산출을 위한 3D 기반 BIM 모델링 방법은 각 객체간의 특성에 따라 물량산출에 영향을 줄 수 있는 사항들이 존재하며, 물량 산출 방식도 그 방법에 따라 물량의 변화가 나타난다. 본 논문에서 제시한 물량산출에 영향을 줄 수 있는 사항은 슬래브, 기둥, 보, 벽 각 객체의 겹침 부위에 따른 물량의 중복산출 및 물량공제, 같은 객체 간의 연결방법 및 겹침 방법에 따른 물량의 변화를 통해 물량산출의 주요사항이 존재하는 것을 알 수 있었다. 모델링을 통한 물량 산출방식도 객체별 모델링의 의한 물량산출, 객체별 모델링 비율에 의한 물량산출 크게 두 가지로 나누어 정확성을 높이기 위한 모델링 방법을 제시를 통해 물량산출을 위한 지침으로서 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 사례연구

본 연구에서는 사례연구를 통해 기존에 2D 도면을 바탕으로 진행되어진 다목적 강당의 공중별 내역서와 본 연구에서 제시한 3D BIM기반으로 모델링 되어진 다목적 강당의 공사비 비교를 위해 교육시설물 중 다목적 강당을 대상으로 하여 2D 도면을 바탕으로 3D BIM 기반 객체별 모델링에 의한 물량산출 방식으로 모델링을 실시하며, 최종 물량산출시 도면 오류에 대한 물량산출의 변화정도를 분석하여 3D 기반 BIM견적 방식의 효율성을 검증하며, 2D 도면을 바탕으로 진행되어진 공중별 내역서와 3D BIM 기반 견적 물량산출의 정확성과 효율성의 분석을 실시한다.

5.1 사례개요

본 연구에서 선정한 사례는 건축공사 중 초등학교 다목적강당 공사를 선정하여 실시하였다. 기존 견적방식의 경우 실적자료를 활용하였으며, 본 연구에서 제시한 견적방식은 BIM 도구를 통해 물량 산출을 실시하고 현재 가장 많이 쓰이는 도구인 MS Excel(Sawyer and Grogan, 2002)을 사용하여 견적을 실시하였으며, 다목적 강당의 평면을 선정하여 물량산출을 통해 비교·분석하였다.

Table 12. Outline of A Case Study

Summary	
Structure	Reinforced Concrete
Building coverage ration	8.29%
Building area	676.89㎡
The highest of Building	11.5M
Standard composite	3.6 M

5.2 물량산출 및 공사비 산정 비교 분석

본 연구에서 사용한 BIM 도구인 Archicad로 물량산출을 하기위해서는 Table 13과 같이 BIM 도구를 이용해 모델링을 실시한 후 Figure 11과 같이 BIM 도구의 물량산출 기능인 일람표를 사용하여 객체의 물량을 산출하였다.

Table 13. BIM BIM Modeling Process

Figure 11. Quantity Estimate by Using a BIM Tool

BIM 도구를 통해 산출한 철근콘크리트공사, 방수공사, 타일공사, 석공사, 목공사, 금속공사, 미장공사, 도장공사, 수장공사, 지붕 및 기타공사의 물량정보를 MS Excel 프로그램을 사용하여 Table 14과 같이 각 객체에 맞는 물량정보를 정리하여 견적을 위해 특화된 Sheet에 물량정보를 입력함으로써 견적을 수행할 수 있다.

기존 방식의 견적과 3D BIM 기반 물량산출을 통한 견적은 유사한 결과를 나타내고 있지만 일부 항목에서는 물량의 차이가 발생하는 것을 알 수 있다. 각 Activity들에서 나타나는 오차는 기존 2D 방식에서 물량산출을 위한 면적산출이 예를 들어 바닥 미장공사의 경우 바닥면적을 기준으로 하기 때문에 앞에서 제시한 BIM 객체별 모델링에 의한 물량산출방식에서 겹침 부분의 면적 계산에 의한 오차율인 것으로 판단된다.

Table 17. Comparison of Construction Costs Estimated by between
General Estimate Method and 3D-Based BIM Method
(Plastering, Painting, Interior finish work, and other construction)

[illegible]

기존 견적 방식과 3D BIM 기반 견적 방식에 의한 오차는 약 0.7%정도로 3D BIM 기반 견적이 기존 견적 방식보다 공사비가 대략 1,300,000원 적게 산출되는 것으로 나타났다. 이는 전체 공사비의 적은 비중을 차지하지만 설계가 진행되는 과정에서의 설계 오류 및 설계변경에 소비되는 인력과 시간 및 비용 이에 따른 공사비 변경에 대한 내역의 재작성 및 물량산출의 반복 작업에 쉽게 대응할 수 있다.

그리고 본 논문에서 제시한 부위에 따른 공종별 분류체계 활용은 설계 초기단계에서는 부위별 분류를 통한 공사비 관리 상세설계단계에서는 공종별 분류를 활용한 공사비 관리 및 내역서 작성이 가능하며 또한, 부위별 분류와 공종별 분류가 연계되어 있기 때문에 설계가 진행되는 과정에서도 정보의 연계가 가능하여 공사비 관리에서 많은 이점을 가지는 것으로 판단된다. 또한 모델의 시각화를 통해서 간섭체크, 설계의 오류 및 설계 변경 등에 신속하게 대응이 가능하다. 그리고 도면 생성 시 분류체계코드입력을 통해 2D 방식에서의 공종에 따른 물량분개작업 시 소요되는 시간이 절약되어 공사비 관리에 효율적일 뿐만 아니라 시각적 정보를 제공함으로써 참여자간의 의사소통이 원활히 할 수 있을 것이다.

6. 결 론

본 연구는 교육시설물의 공사비 관리에 있어 3D BIM 기반
으로 한 효율적인 견적업무 방안을 제안하였다. 또한 사례연구
를 통해 본 연구의 효율성을 분석하였다.

본 연구의 주요결과는 다음과 같다.

첫째, 3D 기반 BIM을 활용한 견적업무를 효율적으로 수행

하기 위해 ○○ 교육청에서 수행한 교육시설물의 내역체계를 분석 하였으며, 이를 토대로 공종별 Activity를 도출하고 부위별 분류체계를 적용하여 3D 기반 BIM의 건적업무에 활용가능한 부위에 따른 공종별 분류체계를 제시하였다.

둘째, 3D 기반 BIM을 활용한 물량산출 시 물량산출의 정확성을 높이기 위해 모델링 방법에 따른 각 객체간의 특성을 파악하여 물량의 변화를 정량적으로 분석하여 BIM을 활용한 모델링 시 물량산출의 정확성을 높이기 위한 객체간의 특성을 제시하였다.

셋째, 본 연구에서 제안하는 부위에 따른 공종별 분류체계를 활용하여 3D 기반 BIM 도구인 ArchiCAD를 활용한 물량산출과 MS Excel을 활용한 건적업무를 수행하여 기존 2D 방식의 물량과 공사비의 정량적인 비교·분석을 실시하였다.nst

본 연구 결과 2D 기반 건적과 3D 기반 BIM 물량산출의 오차는 대략 0.7%였으며, 3D 기반 BIM 공사비가 대략 1,300,000원 적은 것으로 나타났다. 본 연구는 기존연구와는 달리 BIM기본적인 모델링 시 특성에 관한 정보를 제공함으로써 실무에서 사용 가능한 연구라는 점에서 차별성을 두었다.

본 연구에서 제시한 3D 기반 BIM의 모델링 방법의 특이사항을 통해 정확한 물량산출을 위한 모델링의 기본적인 지침으로서 의의가 있으며, 또한 활용도가 높을 것으로 판단된다. 3D 기반 BIM의 부위에 따른 공종별 분류체계의 적용은 통해 교육시설물의 설계단계에 따른 공사비 관리에 있어 더 많은 정보에 기초하여 효율적인 공사비 결정을 할 수 있도록 의사결정을 지원하며, 2D 기반의 분류체계 및 내역체계를 3D 기반 BIM을 활용한 분류체계 및 내역체계로 개선이 가능할 것으로 판단된다. 이는 향후 BIM을 기반으로 발주 될 교육시설물의 분류체계의 기초적인 자료로 활용이 가능하여 실무차원에서도 공헌할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서 제시된 분류체계는 교육시설물을 대상으로 작성되었기 때문에 다른 시설물의 건축공사에 적용할 수 있는 범용성이 떨어진다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 향후 이들에 대한 연구 및 사례연구를 지속적으로 수행하여 모든 건축공사에 대한 건적업무에 3D 기반 BIM을 활용할 수 있는 방안이 제시되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

건설 사업을 진행하는 데 있어 적산업무는 사업에 참여하는 각 주체들로 하여금 최적화된 공사비를 계획하고 분배하며, 이를 관리할 수 있는 중요한 기능을 제공하고 있다. 그러나 기존

의 2D 설계도서를 기반으로 하는 적산업무는 누락이나 중복, 혹은 계산상의 오류 등과 같은 부정확성이나 적산업무의 비효율성 등의 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 현재 교육시설물의 적산의 경우도 이러한 상황과 더불어 표준화된 분류체계(WBS)의 미흡과 불충분한 내역서 작성지침 등으로 인하여 적산업무 효율저하와 정확한 적산 결과를 통한 공사비 산정이 매우 어려운 실정에 놓여있다.

이에 본 연구에서는 최근 여러 가지로 활용가능성이 제시되고 있는 3D 모델링 기반의 BIM(Building Information Modeling)도구를 물량산출 및 공사비 산정을 위하여 활용함으로써 교육시설물의 적산 업무의 효율성을 제고하고자 하였다. 또한 BIM 적용 시 합리적인 3D 모델링에 부합하는 교육시설물 분류체계를 새로이 제시하고, 이를 사례연구를 통해 검증하였다. 이를 통해 교육시설물의 적산업무에 있어서 더 많은 정보에 기초하여 적산 단계별로 효율적으로 BIM을 활용한 공사비 결정을 내릴 수 있는 공사비 관리 기반을 제공하고자 하였다.

키워드 : 공사비 관리, 교육시설물, Building Information Modeling, 물량산출, 작업분류체계

Acknowledgement

This research was supported by National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (KRF-2008-331-D000000)

References

1. Chul CH. BIM as a Future Construction Technology and its graduated application strategy, Journal of the architectural institute of Korea. 2008;9(4):9-14.
2. Lee, JJ, Shin, TH, Kim, SA, Kang, MK, Chin, SY. A System Development of Quantity Data Type Analysis for BIM based Automation of Estimation Framework. Journal of the architectural institute of Korea. 2008;1(28):747-750.
3. Oh SW. Sung BJ. Kim SY. KIM JR. The development of an Automated Cost Estimating System using 3D CAD Building Element Information : Focused on the Apartment Housing, Journal of Architectural institute of Korea 2001;17(6):103-112.
4. Choi CH. Park YJ. Han SH. Chin SY. Recipe-based estimation system for 5D CAD system. Journal of Korea institute of Construction Engineering and Management conference

- 2006;154–160.
5. Kwon OC. Jo CW. A study on the improvement of 2D Dgigital Drawing Standards Considering the Pradigm Shift to BIM. Journal of the architectural institute of Korea 2008;24(5):49–59.
 6. Lee, JJ, Shin, TH, Kim, SA, Kang, MK, Chin, SY. A System Development of Quantity Data Type Analysis for BIM based Automation of Estimation Framework. Journal of the architectural institute of Korea. 2008;1(28):747–750.
 7. Yoo Mk. A study on improving estimating practices of building projects using BIM, [MA dissertation] Seoul : Chung–Ang University; 2009.
 8. Kim BS. A Comparative Analysis of Construction Information Classification Systems(With A Special Reference to Subway Construction Information Classification) [PhD dissertation]. Seoul: Chung–Ang University; 2002.
 9. Son JH. Kim SK. Kim JO. A Study on the Analysis and Estimation of the Construction Cost by Using Artificial Neural Network in the BTL Projects for Educational Facilities. Journal of the architectural institute of Korea 2008;24(6):135–142.
 10. A Look at Graphisoft_Virtual_Building_Model, a Cyon Research White Paper; 2003.