

BIM기반 물량산출 완성도 측정을 위한 지수 개발

An Index for Measuring the Degree of Completeness of BIM-based Quantity Take-Off

이 창 희*

Lee, Chang-Hee

김 성 아**

Kim, Seong-Ah

진 상 윤***

Chin, Sangyoon

Abstract

Quantity take-off is one of the critical tasks that determine the cost of a construction project, and its result should be accurate and reliable. BIM-based quantity take-off is a very attractive process for practitioners since the quantity take-off can be done automatically in a fast and accurate way. However, the result of BIM-based quantity take-off can be varied depending on how BIM was modeled. As a project progresses, more detailed design information is getting available, and it can be expected that the degree of completeness and accuracy for the BIM-based quantity take-off is going to be improved as well. However, when estimation is performed at each stage of a project life-cycle, there is no way to measure or forecast how accurate of the quantity take-off result from the BIM data given at the current stage. Therefore, this research derived factors that affect the BIM-based quantity take-off and developed a methodology and framework to measure and forecast the completeness of BIM-based quantity take-off. The measurement framework and index that are proposed by this research was verified and validated for their consistency and feasibility through six pilot projects.

Keywords : BIM(Building Information Modeling), Quantity take-off, Completeness, Index

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

Building Information Modeling (이하 BIM)은 건설 산업의 전 생애 주기 동안의 정보를 관리하는 모든 과정을 뜻하는 개념으로 3D 모델링을 기반으로 정보의 재사용과 교환을 용이하게 하는 특징이 있다. (Eastman 2008) BIM은 건설 산업의 여러 분야에 적용할 수 있는 개념으로 특히 BIM기반 견적에서는 3D 모델의 속성정보를 통해서 물량을 자동으로 산출할 수 있기 때문에 공사비 예측의 정확성 향상과 견적자의 시간과 노력을 절감할 수 있는 효과가 기대된다.

국내외적으로 BIM의 도입 및 적용을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 실제로 BIM을 적용한 실제 프로젝트가 단계적으로 증가하고 있다. 또한 조달청에서는 BIM의 활성화를 위해 2012년부터 500억 이상의 공공 프로젝트에 BIM 적용을 의무화할 계획을 발표하였으며 (조달청 2010), 덴마크에서는 2009년부터 US\$ 5 million 이상 공공 발주 프로젝트에 대하여 수량산출서가 BIM 모델을 기반으로 해야 한다고 요구하고 있다. (Karlshøj 2010)

그러나 아직 BIM을 기반으로 한 물량산출결과에 대한 정확성을 판단할 수 있는 방법이 미흡하다. 첫째, 설계자들이 모델링할 때 물량산출을 고려하기 보다는 디자인 정보를 표현하는 것에

* 일반회원, 대우건설 기술연구소 연구원, 공학석사, changhee.lee@daewoenc.com

** 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과, 박사수료, kody25@skku.edu

*** 종신회원, 성균관대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), schin@skku.edu

초점을 두기 때문에 예를 들면 슬라브와 기둥이 교차되는 부분, 기둥과 보가 교차되는 부분, 마감재의 소요면적 또는 길이 등이 모델에 정확하게 표현되기 어렵다. 둘째, BIM기반 견적시 수량 산출 근거식이 명확하게 드러나지 않기 때문에 BIM tool로부터 산출된 물량의 정확성을 확보하기 위하여 주어진 건축 BIM을 다시 수정하거나 검토하여야 한다. 셋째, 부재간 교차되는 부분이 BIM tool에 의해 자동적으로 제거될 만큼 tool이 지능화되어 있지 못하다. 이와 같은 문제들로 인하여 BIM기반 견적은 주어진 모델로부터 수량을 자동으로 산출하기 때문에 그 모델을 다시 검토하고 수정하는 등 정확성과 신뢰성을 확보하기 위한 여러 가지 절차들이 필요하다. 이러한 문제점들로 인하여 BIM기반 견적 프로세스에 있어서 주어진 BIM 모델은 어느 정도의 정확성과 신뢰성을 가지고 있고 또한 BIM기반 견적프로세스를 통한 나온 결과물은 어느 정도의 정확성과 신뢰성(본 연구에서는 이 두 가지를 묶어 완성도로 표현하겠다.)을 가지고 있는가를 평가하고 정량화할 수 있는 방법은 무엇인가? 에 대한 연구가 필요하다. 이러한 연구는 주어진 BIM으로부터 기대할 수 있는 결과물의 완성도를 측정할 수 있고, 발주자가 계약자에게 요구하는 BIM의 수준을 명확하게 할 수 있으며, BIM 서비스를 제공하는 자는 자신들의 서비스에 대한 사전 및 사후 결과물에 대한 차이를 정량화할 수 있기 때문에 대가 산정에도 매우 큰 도움이 될 것이다.

따라서 본 연구는 BIM을 적용한 건설 프로젝트의 물량산출 성과물의 완성도를 정량적으로 평가하기 위한 지수 (BIM based Quantity take-off Index, 이하 BQI) 체계를 개발하여 BIM 모델의 완성도 수준을 평가하고 해당 모델을 통한 물량산출의 완성도를 예측할 수 있는 체계를 활용하여 발주자와 작업자 간의 업무 진행을 원활하게 할 수 있도록 하는 것이 목적이다.



그림 1. 연구의 수행 절차

1.2 연구의 범위 및 방법

건축 프로젝트에서 물량산출은 건축, 토목, 설비 등 다양한 분야에 걸쳐서 이루어지는데 각각의 분야에 대한 물량산출 방식은 모두 상이하다. 본 연구에서는 BIM기반 견적 관련 연구가 가장 일반적으로 진행되고 있는 건축공사 물량산출에 대한 연구로 그 범위를 한정하였으며 연구의 방법은 그림 1과 같다.

2. 관련 연구 고찰

기존의 2D기반 견적업무는 2차원으로 표현한 설계 도면을 토대로 물량산출 작업이 이루어지기 때문에 다양한 원인으로 인한 오류 및 누락이 발생할 수 있다. 이에 견적의 신뢰성, 정확성을 높이기 위한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다.

본 연구에서는 이와 같은 선행 연구 중에서 2D기반 견적의 신뢰도, 상세도 및 정확성에 영향을 미치는 요인에 대한 기존 연구의 분석과 함께 BIM기반 견적 관련 연구 동향을 분석하고 추가적으로 BIM 관련 전반적인 연구에 대한 분석을 통해서 본 연구의 차별성을 확인하였으며 그 결과는 표 1과 같다.

선행 연구를 분석한 결과 기존 2D기반 견적 관련 연구는 대부분 설계 도면의 완성도가 현저하게 낮은 단계에 실시되는 개산 견적에 대한 내용이 대부분임을 확인하였으며, BIM기반 견적 관련 연구는 시스템 개발, 업무의 효율화, 기존 방식과의 비교에 대한 연구가 대부분이고, BIM기반 물량산출 완성도에 대한 연구는 없었다.

표 1. 관련 연구 고찰

연구 동향	주요 연구	연구 내용
2D 기반 견적	개산견적의 정확성 영향요인	초기 견적의 정확성을 예측하기 위한 요인을 설문조사 통해 도출하고 다중회귀분석모델을 활용한 분석을 통해 정확성에 영향을 미치는 주요 인자를 도출 (Steven M. Trost 외 2003) 개산 견적의 정확성에 미치는 영향요인을 도출하고, 국내 건설공사의 견적업무에 존재하고 있는 문제점을 제시하여 사업초기단계에서 견적업무의 절차를 개선하는 모델을 제안함으로써 개산 견적의 정확성을 향상시킬 수 있는 방안을 제안 (안용선 외 2003) Evolutionary Fuzzy Hybrid Neural Network(EFHNN)을 활용하여 초기 견적의 정확성을 향상시키기 위한 연구를 수행 (Min-Yuan, C 외 2009)
	개산견적 평가모델	편별분석을 사용하여 건축 프로젝트의 초기단계에서 실시하는 개산 견적을 평가할 수 있는 모델을 제시하고 그 타당성을 검증 (안성훈 외 2005)
	개산견적의 신뢰도 영향요인	건축 프로젝트 개산 견적의 신뢰도에 영향을 주는 요인의 상대적인 중요도를 분석하고 개산 견적 신뢰도에 영향을 미치는 주요 인자를 파악 (안성훈 외 2008)
BIM 기반 견적	물량산출 시스템	3D 모델을 기반으로 상용화된 5D CAD 시스템에 대한 고찰과 시범 프로젝트 적용 결과를 정리하고 기대효과 및 향후 연구과제 제시 (최철호 외 2006) 국내 건설 산업에서의 물량 산출 특성을 반영한 공법기반 견적자동화 시스템 개발 및 검증 (정준호 외 2009)

표 1. 관련 연구 고찰(계속)

연구 동향	주요 연구	연구 내용
BIM 기반 견적	기존방식과 BIM적용방식 비교분석	BIM기반의 견적과 기존방식의 견적 평가를 위해 generality, flexibility, efficiency, accuracy의 기준을 사용하여 분석하여 BIM기반 견적 효과 를 검증 (Zhigang Shen 외 2010)
	견적업무 효율화	BIM기반 물량산출을 위한 모델링 작업시간을 단축시키는 방안으로 3D 모델링을 자동화할 수 있는 방안 제시 (김성아 외 2008)
BIM 일반	BIM 도입 방안	BIM 소프트웨어를 도입하기 위한 고려요인을 도출하여 중요도를 분석 과 도입 주체별 분류를 통하여 BIM 소프트웨어 선정요인을 분석 (이치 주 외 2009) BIM의 도입을 위해 AEC산업에서의 BIM 도입을 위한 준비도를 기술적, 기술외적 요소 측면으로 나누어 FGI(Focus Group Interview)와 Frame Work를 통하여 분석하고 BIM의 도입을 위한 방안을 Product, Process, People의 관점으로 도출 (Ning Gu 외 2010)
	BIM 도입 효과 분석	NIBS(National Institute of Building Sciences) FIC(Facility Information Council) NBIMS(National BIM Standard) committee 멤 버들을 대상으로 건설 산업의 6가지 KPIs(Key Performance Indicators)를 중심으로 설문 조사를 실시하여 건설 산업에서 BIM 도입 효과를 분석 (Patrick C. Suerman 외 2007)
	BIM 표준	2007년에 제정된 NBIMS가 2년 동안 어느 정도의 효과를 거두었는가 에 대한 연구로 강점, 약점, 기회, 영향을 기준으로 분석을 실시함 (Patrick C. Suermann 외 2010)
	BIM 데이터 호환	특정 프로그램으로 모델링 된 설계 단계의 BIM 모델의 IFC 파일을 타 프로그램과의 호환함에 있어서 문제점을 분석하고 개선방향을 제시 (김 지원 외 2009)
	BIM 현장적용	BIM관련 문헌조사, 사례조사와 함께 건설현장의 수행단계별, 협업주체 별 중심의 분석을 통해 BIM을 적용한 효율적인 건설현장 관리모델 구 축방향 제시 (전영웅 외 2010) 철근콘크리트 공사의 리스크 인자를 AHP기법과 Fuzzy 기법을 통해 분석하고 이를 적용한 BIM 적용 WBS와 RBS 기반의 철근콘크리트공 사 리스크 시각화 방안 수립 (이재섭 외 2009)
	BIM 유지관리	The Applications of BIM in Facilities Management / 유지관리 분야에서 BIM의 활용을 통한 효과를 visualization, simulation, auto-alert, value intelligence 등을 중심으로 분석하고 활용 방안의 제시 및 향후과제를 도출 (Oluwale Alfred O. 외 2010)

3. BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미 치는 요인 도출

3.1 2D기반 영향 요인 도출

BIM기반 물량산출에서 모든 물량정보를 3D 모델을 통해 추
출하는 것이 이상적이긴 하나 현실적으로 건설 프로젝트에서 필
요로 하는 모든 물량을 산출할 수 있는 프로그램은 현재 존재하
지 않는다. 따라서 목적에 맞는 모델링 프로그램이나 물량산출
프로그램을 선택하여 사용하는 것이 현재의 실정이다.

예를 들어 골조 물량을 산출할 경우 콘크리트, 철근, 거푸집
등의 물량을 산출하는데 콘크리트 물량의 경우 일반적인 3D 모
델링 프로그램 (ArchiCAD, Revit 등)으로 모델링이 가능하기
때문에 3D 객체를 통해서 물량산출이 가능하다. 하지만, 철근

물량의 경우 3D 객체를 생성하기 위해서는 다른 프로그램
(Allplan, Tekla 등)을 사용하여 모델링 작업이 이루어지며 거푸
집 물량의 경우 거푸집에 대한 추가적인 모델링 작업이 필요하
기 때문에 현실적으로 물량을 산출하기가 매우 어렵다.

이처럼 현재의 수준으로는 모든 물량정보를 3D 객체를 통해
서 산출하기 어렵기 때문에 BIM기반 물량산출 업무는 기존의
2D기반 물량산출 방법을 병행하여 이루어지기도 한다. 따라서
BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인의 도출을 위해
서는 2D기반 영향요인과 BIM기반 영향요인을 모두 고려하여야
한다.

본 단계에서는 선행단계에서 제시된 기존 연구 문헌을 분석하
여 2D기반 견적의 정확성 및 신뢰도에 영향을 미치는 요인을 도
출하고 정리하였으며 그 자세한 내용은 다음과 같다.

안용선(2003)은 대지조건, 견적자의 경험 및 견적정보, 건축
물의 정보, 가격의 변이성, 사업기술서 활용, 프로젝트 요구사
항, 현장 제약조건, 토질조사, 견적준비 시간 및 문서화, 발주자
유형 및 입찰유형, 리스크의 내재, 체크리스트의 활용, 참여자들
의 의사소통, 견적정보의 적용 가능성 등을 영향요인으로 선정
하였다.

안성훈(2008)은 견적소요시간, 도면확정정도, 마감수준(품질)
확정정도, 지하조건자료의 유용성, 이용 가능한 자료의 수준, 유
사프로젝트 공사실적, 견적 절차 준수, 입찰 경쟁 정도, 견적당
당자의 유사견적 경험, 현장방문조사 정도, 예비비 반영정도, 견
적담당자의 유사공사 견적경험, 견적담당자의 견적업무경력, 발
주자의 능력, 견적팀의 유사공사 경험, 공사 난이도, 견적팀의
유사공사 경험, 도면의 품질수준, 견적담당자의 현장업무 경력,

표 2. 2D기반 물량산출에 영향을 미치는 요인

구분	영향 요인
설계 관련 영향 요인	- 도면의 확정 정도 / 도면의 품질 수준 / 마감수준 확정 정도 - 건축물의 종류, 크기, 형태, 용량, 층수, 품질
견적 계획 관련 영향 요인	- 설계업무 절차/지침 보유 유무 / 견적 업무 절차/지침 보유 유무 / 견적 프로 세스의 유무 - 견적 준비 기간 / 견적 기간 / 프로젝트의 복잡성 / 발주자에 의한 설계변경 / Risk 사항에 대한 고려 / 견적 중요도의 비율
작업자 관련 영향 요인	- 설계자의 능력 / 유사공사 경험 수준 / 업무 충실도 / 성능 검토 능력 / 생산 성 / 팀의 단합 - 건설 프로세스에 대한 지식 / 현장시공에 대한 지식
비용 관련 영향 요인	- 자재 가격 / 예비비 반영 정도 / 견적된 금액의 평가 부족 / 하도급 가격의 변이성
기타 영향 요인	- 현장 요구사항 / 지하조건 / 현장방문조사 정도 - 견적정보의 정확성 및 신뢰성 / 불확실성에 대한 정량화 / 유사프로젝트 공사 실적 정보 / 현재 자료의 유용성, 신뢰도 / 입찰서류 보유 수준 / 입찰서류 분석 정도 / 프로젝트 요구사항에 대한 이해정도 / 과거 공사실적 정보의 적 용성 및 신뢰도 - 견적분류에 의한 이전의 정확한 견적의 피드백 / 지속적 지수관리 / 기타 프 로젝트 특성

견적담당자의 견적업무 충실도, 착공시기 확정정도, 설계 담당자의 능력 등을 영향요인으로 선정하였다.

Steven M. Trost(2003)는 기본 프로세스 디자인, 견적팀의 경험과 비용정보, 견적준비기간, 현장 요구사항, Bidding and Labor Climate, 기술적 이슈사항, 견적팀의 구성정도, 발주자 보유 자산, 긴급사태 및 리뷰, 전반적인 견적 프로세스, 자금관련 이슈사항 등을 영향 요인으로 선정하였다.

각각의 연구에서 영향 요인을 분류하는 기준이 다르기 때문에 본 연구에서는 기존의 영향 요인을 분석하여 설계, 계획, 작업자, 비용, 그리고 기타요인으로 분류하는 재정리 작업과 함께 용어의 통합 및 정리 작업을 실시하였으며 그 결과는 표 2와 같다.

3.2 BIM기반 영향 요인 도출

본 단계는 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인을 도출하는 단계로 표 2와 같이 도출된 2D 기반의 물량산출 영향요인을 기반으로 BIM관련 문헌고찰 및 본 연구진이 여러 차례 수행한 파일럿 프로젝트를 통해 BIM기반 물량산출을 위해 추가되어야 하는 요인을 도출하였다. Eastman(2008)은 견적 전문가의 역할, 복합부재의 사용, BIM Tool의 선정, 적절한 가이드라인의 중요성을 언급하였다. 또한, 파일럿 프로젝트를 통해 Eastman이 언급한 요인 이외에 부재의 중첩, 부재의 누락, 과거 프로젝트 자료가 추가적으로 필요한 요인인 것으로 분석되었다.

도출된 요인들은 BIM 견적 실무자 검토를 통하여 삭제, 변경, 통합하여 재정리하였다. 이 과정에서 작업자 관련 요인은 기존방식에서는 2D 도면을 바탕으로 가정을 적용하는 것이 개인의 능력차에 따라서 많은 영향을 받지만, BIM 기반 물량산출의 경우 모델에서 물량이 자동 생성되기 때문에 완성도의 정량적인 평가를 위한 고려대상에서는 제외하였다. 또한 비용 관련 영향 요인은 물량산출 작업이 끝난 후에 비용을 산출하는 과정에서 단가를 어떻게 정하는가에 따른 영향요인이기 때문에 또한 고려대상에서 제외하였다. 따라서 2D기반 물량산출에 영향을 미치는 요인은 그림 2의 기존 물량산출 영향요인과 같이 설계관련, 견적계획관련, 기타 요인으로 정리되었다.

위와 같은 과정을 통해 정리된 기존 물량산출 영향요인을 기반으로 BIM기반 물량산출 업무에 초점을 맞추어 요인의 추가 및 재정리, 통합작업을 통해서 BIM 모델 데이터, 물량산출 계획, 물량산출 데이터 관련 요인으로 분류하여 최종적으로 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인을 도출하였으며 그 결과는 그림 2와 같다.



그림 2. BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인

3.3 시스템 다이내믹스를 활용한 영향 요인 분석

3.3.1 시스템 다이내믹스

본 단계에서는 선행단계에서 도출된 영향 요인들이 BIM기반 물량산출의 완성도에 미치는 영향을 분석하기 위해 시스템 다이내믹스를 활용하여 영향도를 작성하였다.

시스템 다이내믹스 모델링은 1961년 Forrester에 의해 개발되어 산업, 경제, 사회, 환경 시스템을 분석하는 데 널리 사용되어 왔으며 시스템에 대한 모델 설계자의 이해를 바탕으로 개념적 모델 구조를 인과관계 루프 다이어그램 형태로 기술한다. (Kwak 1995) 시스템 다이내믹스의 인과관계에 대한 다이어그램 표시는 다음의 표 3과 같은 방법으로 하였다.

표 3. 인과관계 다이어그램의 표시 (Sterman 2000)

인과관계 연결 종류	표시
$A \xrightarrow{+} B$	모든 다른 조건들이 같을 때, 변수 A의 증가(감소)가 변수 B를 증가(감소) 시킨다.
$A \xrightarrow{-} B$	모든 다른 조건들이 같을 때, 변수 A의 증가(감소)가 변수 B를 감소(증가) 시킨다.
$A \xrightarrow{+} B$	변수 A와 변수 B 사이의 인과관계 증폭에 중대한 시간지연을 포함한다.

3.3.2 BIM기반 물량산출 완성도에 미치는 영향 분석

본 단계에서는 선행 단계에서 도출된 BIM기반 물량산출 완성

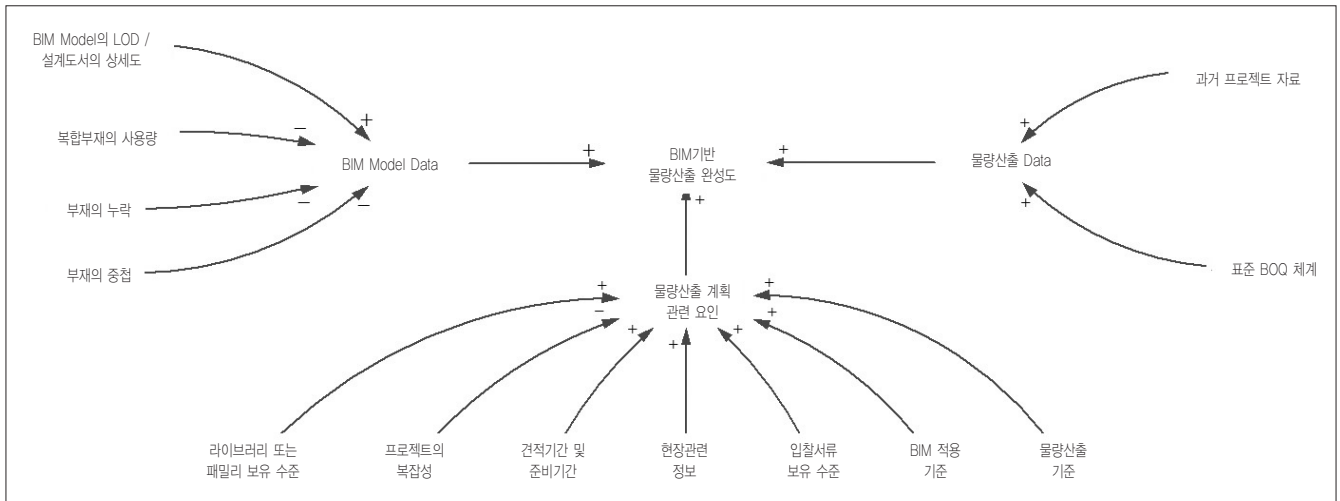


그림 3. 시스템 다이내믹스를 활용한 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인 분석

도에 영향을 미치는 요인의 중복성 배제 및 평가의 효율성 향상을 위해서 영향 요인들 간의 상관관계를 분석하기 위하여 시스템 다이내믹스를 활용한 영향도를 작성하였으며 그 결과는 그림 3과 같다.

도출된 영향 요인은 1) BIM 모델 데이터 관련 요인, 2) 물량산출 데이터 관련 요인, 3) 물량산출 계획 관련 요인으로 이루어져 있으며 각각에 대한 분석 내용은 다음과 같다.

1) BIM 모델 데이터 관련 요인은 BIM 모델의 Level Of Detail(이하 LOD) 또는 설계도서의 상세도(+), 복합부재의 사용(-), 부재의 누락(-), 부재의 중첩(-)으로 이루어진다.

BIM 모델의 LOD 또는 설계도서의 상세도는 BIM 모델 데이터에 절대적인 영향을 미치는 세부 요인으로 견적 BIM 모델을

생성하기 위한 설계 정보의 완성도를 의미하는데, 설계 정보의 완성도가 높을수록 견적 BIM 모델의 완성도는 높아진다. 부재의 누락과 중첩은 BIM 작업 오류사항을 의미하며 오류 사항이 많을수록 완성도는 낮아진다.

복합부재 사용량은 개별적으로 모델링 되어야 하는 부분이 통합되어서 모델링 된 부분을 의미하므로 그 사용량이 높을수록 완성도가 낮아진다. 예를 들어 골조와 중간마감, 최종마감이 있는 벽체의 경우 복합부재의 사용 여부에 따라서 표 4와 같은 다양한 형태로 표현될 수 있으며 각각의 경우에 따라 산출 가능한 아이템도 달라진다.

2) 물량산출 데이터 관련 요인은 BIM 모델의 속성정보를 통해 추출한 물량의 내역 작성에 영향을 미치는 요인이다. 과거 프로젝트 자료(+), 표준 BOQ(Bill Of Quantity) 체계(+로 이루어지며 관련정보에 대한 보유정도가 많을수록 완성도가 높아질 수 있다.

3) 물량산출 계획 관련 요인 BIM기반 물량산출 업무의 생산성에 영향을 미치는 요인이다. 라이브러리 또는 패밀리 보유 수준(+), 프로젝트의 복잡성(-), 견적기간 및 준비기간(+), 현장관련 정보(+), 입찰서류 보유 수준(+), BIM 적용 기준(+), 물량산출 기준(+로 이루어지며 관련 정보에 대한 보유 정도가 많을수록 완성도가 높아질 수 있다. 제시된 요인들 중에서 라이브러리 또는 패밀리 보유 수준의 경우 BIM 모델 생성을 위한 시간과 관련이 있는 요인으로 반복적으로 사용되는 부재에 대한 라이브러리를 보유하고 있을 경우 모델링 시간을 단축할 수 있으므로 보유하고 있는 라이브러리가 많을수록 생산성은 높아진다. 또한, 프로젝트의 복잡성의 경우 프로젝트가 복잡해질수록 산출해

표 4. 복합부재의 사용에 따른 산출 가능 물량 아이템 예시

벽체의 표현방식	복합 벽체	산출 기준	산출 가능 물량 아이템
	사용	부피	- 1개의 대표 자재
		넓이	- 높이값 동일 : 모든 아이템 - 높이값 상이 : 1개의 대표 자재
	사용	부피	- 골조, 1개의 대표 마감 자재
		넓이	- 높이값 동일 : 모든 아이템 - 높이값 상이 : 골조, 1개의 대표 마감 자재
	미사용	부피	- 모든 아이템
		넓이	- 모든 아이템