BIM기반 물량산출 완성도 측정을 위한 지수 개발

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

이 창 희* 김 성 아** 진 상 윤***
Lee, Chang-Hee Kim, Seong-Ah 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. 서 론

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@daewooenc.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 수량산출 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.

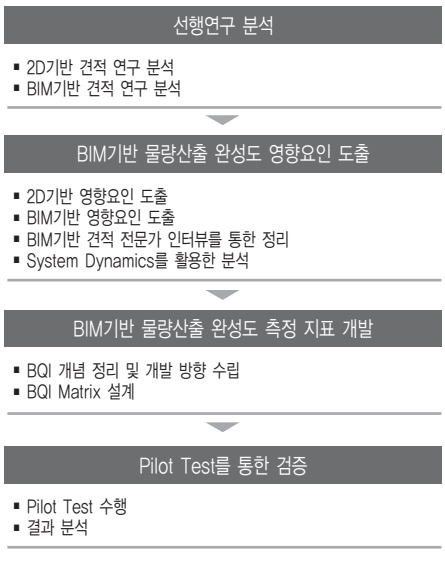


그림 1. 연구의 수행 절차

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 개산견적에 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 잔존하고 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	판별분석을 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 효과를 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 분석과 도입 주체별 분류를 통하여 BIM 소프트웨어 선정요인을 분석 (이치주 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 멤버들을 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 거두었는가에 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 (김지원 외 2009)
	BIM 현장적용	BIM관련 문헌조사, 사례조사와 함께 건설현장의 수행단계별, 협업주체별 중심의 분석을 통해 BIM을 적용한 효율적인 건설현장 관리모델 구축방향 제시 (전영웅 외 2010) 철근콘크리트 공사의 리스크 인자를 AHP기법과 Fuzzy 기법을 통해 분석하고 이를 적용한 BIM 적용 WBS와 RBS 기반의 철근콘크리트공사 리스크 시각화 방안 수립 (이재섭 외 2009)
	BIM 유지관리	The Applications of BIM in Facilities Management / 유지관리 분야에서 BIM의 활용을 통한 효과를 visualation, simulation, auto-alert, value intelligence 등을 중심으로 분석하고 활용 방안의 제시 및 향후과제를 도출 (Oluwole Alfred O. 외 2010)

3. BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인 도출

3.1 2D기반 영향 요인 도출

BIM기반 물량산출에서 모든 물량정보를 3D 모델을 통해 추출하는 것이 이상적이긴 하나 현실적으로 건설 프로젝트에서 필요로 하는 모든 물량을 산출할 수 있는 프로그램은 현재 존재하지 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 모델링 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 거푸집 물량의 경우 거푸집에 대한 추가적인 모델링 작업이 필요하기 때문에 현실적으로 물량을 산출하기가 매우 어렵다.

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

본 단계에서는 선행단계에서 제시된 기존 연구 문헌을 분석하여 2D기반 견적의 정확성 및 신뢰도에 영향을 미치는 요인을 도출하고 정리하였으며 그 자세한 내용은 다음과 같다.

안용선(2003)은 대지조건, 견적자의 경험 및 견적정보, 건축물의 정보, 가격의 변이성, 사업기술서 활용, 프로젝트 요구사항, 현장 제약조건, 토질조사, 견적준비 시간 및 문서화, 발주자 유형 및 입찰유형, 리스크의 내재, 체크리스트의 활용, 참여자들의 의사소통, 견적정보의 적용 가능성 등을 영향요인으로 선정하였다.

안성훈(2008)은 견적소요시간, 도면확정정도, 마감수준(품질)확정정도, 지하조건자료의 유용성, 이용 가능한 자료의 수준, 유사프로젝트 공사실적, 견적 절차 준수, 입찰 경쟁 정도, 견적담당자의 유사견적 경험, 현장방문조사 정도, 예비비 반영정도, 견적담당자의 유사공사 견적경험, 견적담당자의 견적업무경력, 발주자의 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 프로세스의 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 / 생산성 / 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 공사실적 정보 / 현재 자료의 유용성, 신뢰도 / 입찰서류 보유 수준 / 입찰서류 분석 정도 / 프로젝트 요구사항에 대한 이해정도 / 과거 공사실적 정보의 적용성 및 신뢰도 - 견적분류에 의한 이전의 정확한 견적의 피드백 / 지속적 지수관리 / 기타 프로젝트 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 정하는 가에 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 테이터 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 다이나믹스를 활용한 영향 요인 분석

3.3.1 시스템 다이나믹스

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

시스템 다이나믹스 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 다이나믹스의 인과관계에 대한 다이어그램 표시는 다음의 표 3과 같은 방법으로 하였다.

표 3. 인과관계 다이어그램의 표시 (Sterman 2000)

인과관계 연결 종류	표시
A →+ B	모든 다른 조건들이 같을 때, 변수 A의 증가(감소)가 변수 B를 증가(감소) 시킨다.
A → B	모든 다른 조건들이 같을 때, 변수 A의 증가(감소)가 변수 B를 감소(증가) 시킨다.
A →| B	변수 A와 변수 B 사이의 인과관계 충족에 중대한 시간지연을 포함한다.

3.3.2 BIM기반 물량산출 완성도에 미치는 영향 분석

본 단계에서는 선행 단계에서 도출된 BIM기반 물량산출 완성

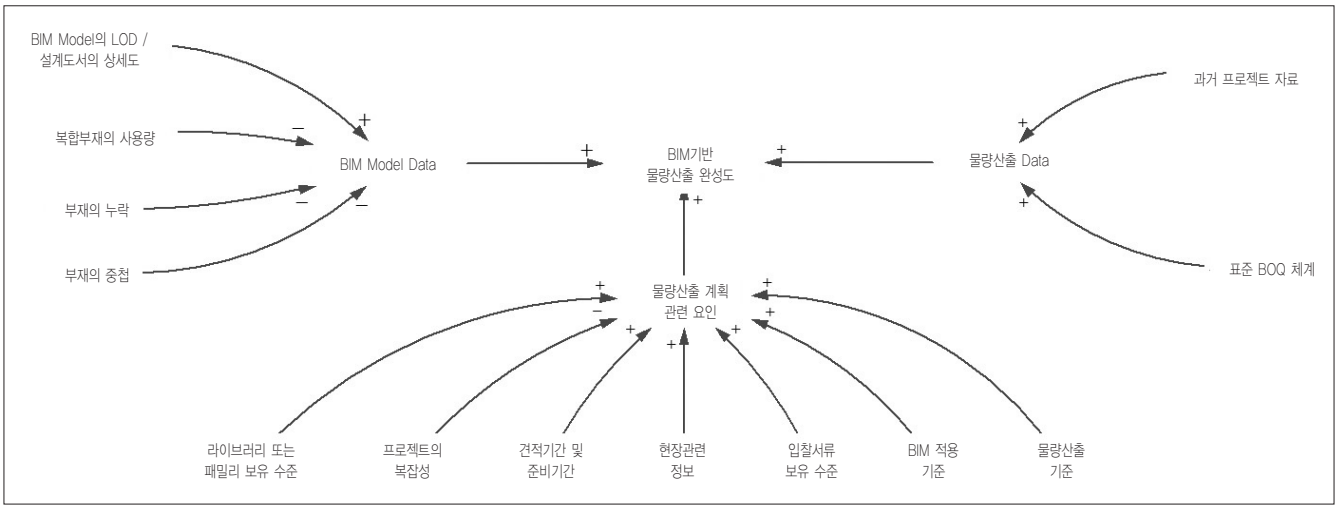


그림 3. 시스템 다이나믹스를 활용한 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인 분석

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

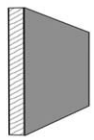
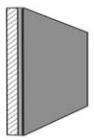
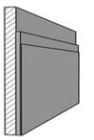
도출된 영향 요인은 1) BIM 모델 데이터 관련 요인, 2) 물량산출 데이터 관련 요인, 3) 물량산출 계획 관련 요인으로 이루어져 있으며 각각에 대한 분석 내용은 다음과 같다.

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.

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

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(+)으로 이루어지며 관련 정보에 대한 보유 정도가 많을수록 완성도가 높아질 수 있다. 제시된 요인들 중에서 라이브러리 또는 패밀리 보유 수준의 경우 BIM 모델 생성을 위한 기간과 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

야하는 아이템이 많아지기 때문에 작업시간이 길어지며 오류나 누락이 발생할 확률이 크기 때문에 완성도가 낮아진다. 또한, Shen(2010)은 BIM 적용기준과 물량산출 기준은 BIM기반 물량산출 업무진행에 대한 표준 절차와 업무 제반사항에 대한 기준을 통해 체계적인 업무의 진행이 가능하기 때문에 완성도가 높아질 수 있다고 주장하였다.

표 5. BIM기반 물량산출 완성도에 미치는 영향 분석

구 분	완성도 증가요인 (+)	완성도 감소요인 (-)
BIM 모델 데이터 관련 요인	- BIM 모델의 LOD / 설계도서의 상세도	- 복합부재의 사용 - 부재의 중첩 - 부재의 누락
물량산출 데이터 관련 요인	- 과거 프로젝트 자료 - 표준 BOQ 체계	- 없음
물량산출 계획 관련 요인	- BIM 적용 기준 - 물량산출기준 - 견적 기간 및 준비 기간 - 현장관련 정보 - 입찰서류 보유 수준 - 라이브러리(패밀리) 보유수준	- 프로젝트의 복잡성

3.3.3 영향 요인간 관계 분석

본 단계에서는 선행단계에서 도출된 영향도를 기반으로 각각의 요인들이 서로에게 미치는 영향을 분석하기 위한 영향도를 작성하였다. BIM기반 물량산출은 결국 BIM 모델을 통해서 작업이 이루어지기 때문에 BIM 모델의 완성도가 가장 직접적이고 정량적으로 영향을 미친다고 할 수 있으며 물량산출 데이터와 물량산출 계획 관련 요인은 결국 BIM 모델 생성과 내역작성을 위한 관련 정보라 할 수 있기 때문에 간접적이고 정성적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 따라서 영향도의 작성은 BIM기반 물량산출 완성도에 직접적인 영향을 미치는 BIM 모델 데이터를 기준으로 실시하였다.

BIM 모델 데이터 관련 영향요인은 1) BIM 모델의 LOD 또는 상세도, 2) 복합부재의 사용량, 3) 부재의 누락과 부재의 중첩으로 이루어져 있으며 각각의 요인을 기준으로 분석을 실시한 내용은 다음과 같다.

1) BIM 모델의 LOD 또는 설계도서의 상세도를 기준으로 분석한 결과는 그림 4와 같다. 물량산출 계획 데이터와 물량산출 데이터는 그 자체가 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치기도 하지만, 일부 세부 요인이 BIM 모델의 LOD 또는 설계도서의 상세도에 영향을 미친다. 물량산출 계획 데이터의 예를 들면 라이브러리 또는 패밀리 보유 수준이 높을수록 BIM 모델을 더욱 상세한 수준으로 생성 할 수 있기 때문에 LOD가 높아지며(+), 프로젝트의 복잡성이 높을수록 모델링해야 하는 아이템이 증가하기 때문에 같은 조건의 시간, 정보 하에서는 LOD가 낮아진다고 할 수 있다.(-) 이처럼 물량산출 계획 데이터와 물량산출 데이터는 각각 독립적으로 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치기도 하지만 BIM 모델의 LOD 또는 설계도서의 상세도에도 영향을 미친다.

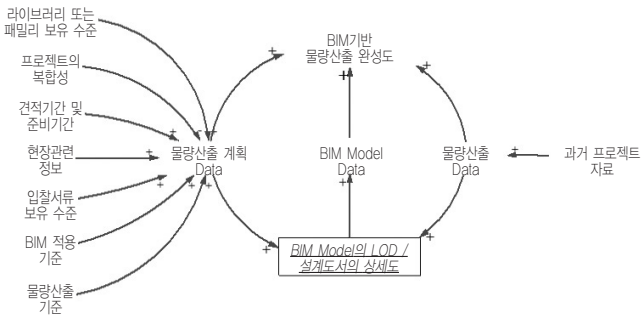


그림 4. BIM 모델의 LOD 또는 설계도서의 상세도 관련 영향도

2) 복합부재의 사용을 기준으로 분석한 결과는 그림 5와 같다. 물량산출 계획 데이터와 BIM 모델 데이터는 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치며 물량산출 계획 데이터의 일부 세부 요인은 BIM 모델 데이터의 세부 요인 중 복합부재의 사용량에 영향을 미친다. 물량산출 계획 데이터 중에서 라이브러리 또는 패밀리 보유 수준, 견적기간 및 준비기간, 현장관련 정보 등의 세부 요인의 수준이 높아지면 복합부재의 사용량은 줄어들게 된다.(-) 반면에 프로젝트가 복잡해질수록 필요한 정보량이 많아지기 때문에 같은 조건의 시간, 정보 하에서는 복합부재를 사용하게 될 가능성이 높아진다고 할 수 있다.(+)

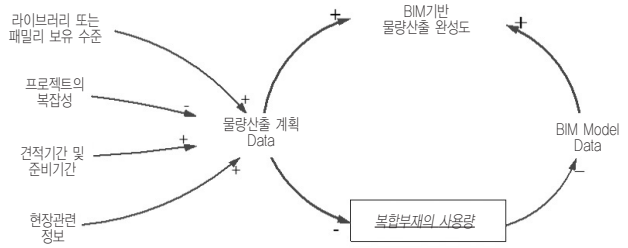


그림 5. 복합부재의 사용량 관련 영향도

3) 부재의 누락과 부재의 중첩을 기준으로 분석한 결과는 그림 6과 같다. 물량산출 계획 데이터와 BIM 모델 데이터는 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치며 물량산출 계획 데이터의 일부 세부 요인은 BIM 모델 데이터의 세부 요인 중 부재의 누락

과 중첩에 영향을 미친다. 물량산출 계획 데이터 중에서 견적기간 및 준비기간, BIM 적용 기준, 물량산출 기준 등의 세부 요인의 수준이 높아지면 부재의 누락과 중첩이 발생할 확률이 줄어들게 된다.(-)

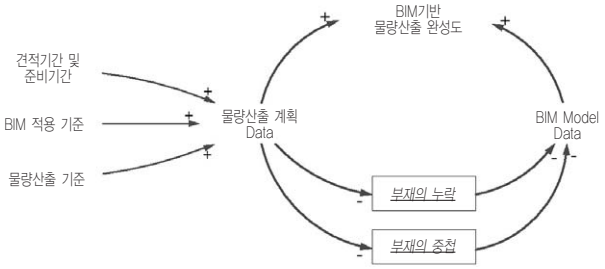


그림 6. 부재의 누락 및 부재의 중첩 관련 영향도

이처럼 영향 요인간의 관계를 분석한 결과를 보면 BIM 모델 데이터 관련 요인은 BIM기반 물량산출 완성도에 직접적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있으며 물량산출 데이터 관련 요인과 물량산출 계획 관련 요인 역시 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치나 BIM 모델 데이터 관련 요인에도 영향을 미치기 때문에 결과적으로 BIM 기반 물량산출 완성도에 간접적으로 영향을 미치는 요인이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 BIM기반 물량산출의 완성도에 직접적인 영향을 미치는 요인인 BIM 모델 데이터 관련 요인을 주요 인자로 활용하여 BQI를 도출할 수 있는 체계를 개발하였다.

4. BIM기반 물량산출 완성도 측정을 위한 지수 개발

4.1 QFD 방법론의 정의 및 개념

Quality Function Deployment(이하 QFD) 방법론은 정성적인 고객의 요구를 House Of Quality(이하 HOQ)라는 일종의 Matrix를 활용하여 정량적으로 파악할 수 있는 방법론으로 본 연구에서는 정성적인 요인과 정량적인 요인을 통해서 BIM기반 물량산출 완성도 측정을 위한 지수(BIM based Quantity take-off Index, 이하 BQI)를 도출하기 위한 Matrix의 설계를 위해 HOQ를 벤치마킹하였다.

QFD는 1966년 일본의 아카오 요지에 의해서 제시된 품질기법으로 제조업 및 서비스업에서 고객요구를 제품에 반영하기 위한 고객 요구의 실현 도구로 사용되어 왔다. HOQ는 QFD를 구현하는 도구로 사용되는데 고객의 요구와 기술특성 간의 관계를 매트릭스로 나타낸 것이며 고정된 형식이 아니기 때문에 사용목적과 필요에 따라 자유롭게 수정하여 다양하게 사용될 수 있다.(John R. Hauser 외 1988 & 이상복 외 2008) HOQ의 구성은 다음의 그림 7과 같다.

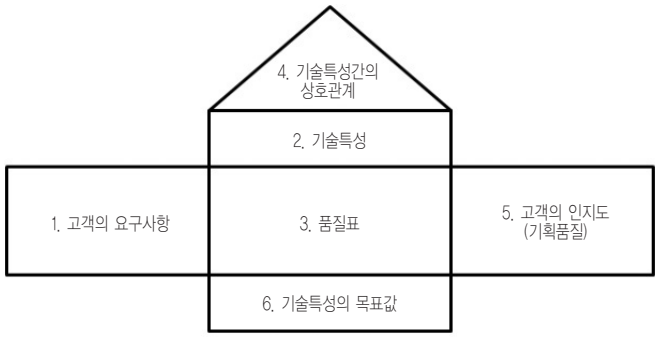


그림 7. HOQ의 구성

① 고객의 요구사항 : 고객의 요구 속성을 정리

② 기술특성 : 고객의 요구사항을 만족시킬 수 있는 수단

③ 품질표 : ①과 ②의 관련정도를 표현

④ 기술특성 간의 상관관계 : 기술특성 간 상호관련성 및 상호의존성을 표현

⑤ 고객의 인지도(기획품질) : 고객의 요구별로 자사와 경쟁제품들에 대한 고객들의 인지도 비교

⑥ 기술특성의 목표값 : 자사제품 및 주요 경쟁제품의 기술특성의 값(실제 제품의 기준 특성값)을 기록

4.2 BQI를 위한 평가 Matrix 체계 개발

4.2.1 개발방향 수립

본 단계는 BQI를 도출하기 위한 평가 Matrix 체계의 개발을 위한 방향을 수립하는 단계로 BQI 개발 방향은 다음과 같다.

1) BQI는 물량 산출 대상 BIM 모델에 일종의 점수체계를 부여함으로써 완성도를 정량적으로 표현할 수 있어야 한다.

2) BQI를 도출하기 위한 평가 항목(영향요인)은 선행 단계에서 도출된 BIM기반 물량산출 완성도에 영향을 미치는 요인 중 가장 직접적인 영향을 미치는 BIM 모델 데이터 관련 요인으로 한다.

3) BIM 모델의 완성도와 함께 물량산출의 완성도를 예측할 수 있어야 하는데, 물량산출의 완성도 예측의 경우 공종별로 물량을 산출하는 특성을 반영하여 공종별 중요도에 따른 가중치를 적용한다. 가중치는 공사비중을 적용하는데 이는 공사비의 비중이 높은 공종이 상세하게 모델링 된 경우와 비중이 낮은 공종이

상세하게 모델링 된 경우에 전체적인 완성도에 미치는 영향이 다르기 때문이다.

4.2.2 BQI Matrix 설계

선행 단계에서 실시한 QFD에 대한 고찰과 수립된 개발방향을 적용하여 작성된 BQI Matrix의 설계(안)은 그림 8과 같다.

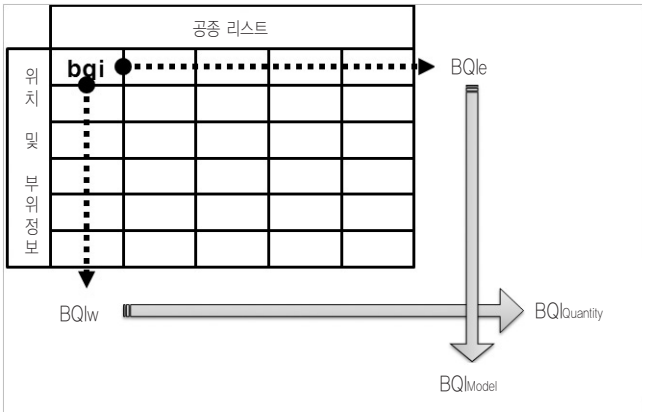


그림 8. BQI Matrix 설계 (안)

① 위치 및 부위 정보 : 모델의 위치 및 부위 정보 표시
② 공종 리스트 : 해당 프로젝트에 포함되는 공종 표시
③ bqi : 각각의 물량산출 아이템이 해당되는 부위와 공종에 대한 BQI 점수로 소문자로 표시
④ BQI_e(부위별 BQI) : 각각의 bqi의 평균치로 각각의 부위별 완성도를 의미
⑤ BQI_w(공종별 BQI) : 각각의 bqi의 평균치에 가중치를 적용한 값으로 공종별 물량산출 완성도의 추정치를 의미
⑥ BQI_{Model} : BQI_e의 평균치로 BIM 모델의 완성도 평가의 척도가 되는 지수
⑦ $BQI_{Quantity}$: BQI_w의 평균치로 BIM 모델을 통한 물량산출 완성도의 추정치가 되는 지수

4.2.3 세부 평가 항목의 점수 부여 체계

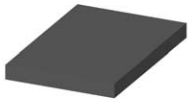
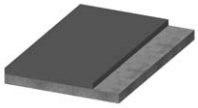
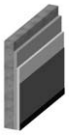
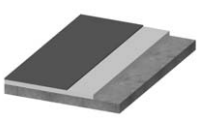
선행단계에서 설계된 BQI Matrix를 활용하여 점수를 도출하기 위해서는 다음의 그림 9와 같이 세부 평가 항목으로 설정된 1) BIM 모델의 LOD 또는 설계도서의 상세도(이하 BIM 모델의 LOD), 2) 복합부재의 사용량, 3) 부재의 누락, 부재의 중첩과 함께 4) 가중치에 대한 검토가 필요하다.

그림 9. bqi 세부 평가 항목

1) BIM 모델의 LOD는 건축물의 디자인과 적용 공법에 따라서 다양한 경우의 수가 발생할 수 있어 LOD 설정을 위한 명확한 기준이 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 LOD의 수준을 평가하기 위해 부재별로 공종별 대표 자재를 설정하고 그에 대한 모델링 여부를 통해서 LOD를 평가하는 방식을 제안한다. 부재의 타입을 Wall/Beam, Slab, Column의 3가지로 분류하여 5점 척도를 활용하여 LOD 정도를 표 6과 같이 정의하였다.

부재별 LOD 점수체계를 조금 더 자세히 살펴보면, 부재의 타입을 Wall/Beam, Slab, Column의 3가지로 분류한 이유는 BIM 모델링에서 가장 기본적으로 사용되는 3D 객체 타입이기

표 6. 부재별 LOD 점수 체계

LOD	LOD 수준 정의	부재타입별 예시		
		Wall / Beam	Slab	Column
1점	- Mass Model 수준으로 부재의 구분이 되어 있지 않음	-	-	-
2점	- 기본설계 BIM 모델 수준 - 공종별 대표 아이템이 구분되어 모델링 되어있지 않은 수준			
3점	- 공종별 대표 아이템이 구분되어 모델링 되어있는 수준			
4점	- 공종별 대표 아이템이 구분되어 모델링 되어있는 수준 - 대표 자재를 기반으로 타 아이템 산출 가능한 수준			
5점	- Digital Mockup 수준 - 모든 아이템이 모델링 된 수준			

때문이며 Wall과 Beam을 통합한 이유는 두 가지 타입이 모델링 되는 형태와 방식, 구조체에 마감재를 덮는 방식 등이 매우 유사하기 때문이다. LOD 점수는 5점 척도를 활용하여 LOD 수준이 높을수록 높은 점수를 부여하였다. 1점은 매스모델 수준, 2점은 해당 부위에 포함되는 모든 아이템이 통합되어서 표현된 수준, 3점은 해당 부위에 포함되는 모든 아이템 중에서 공종별 대표 아이템이 구분되어 모델링 되어 있는 수준, 4점은 3점과 같은 수준에서 대표 아이템을 기반으로 타 아이템을 추가적인 작업을 통해서 산출 가능한 수준, 5점은 Digital Mockup 수준으로 모든 아이템이 각자 모델링 된 수준으로 정의하였다.

2) 복합부재의 사용량을 평가하기 위해서는 대상 부재가 복합부재인지 아닌지를 판단할 수 있는 근거가 필요하다. 그러나 모델링 작업은 LOD에 따라서 부재를 표현하는 방식도 달라지기 때문에 명확한 근거가 존재하지는 않는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 BIM 모델의 LOD를 복합부재 사용 여부의 판단 근거로 설정하는 방식을 제안하였다.

복합부재의 사용량은 두 가지의 방식으로 도출할 수 있는데 첫 번째는 조달청 BIM 발주지침(2010)과 같이 단계별로 BIM 모델에 입력해야하는 최소 부재 대상과 BIM 데이터의 상세수준을 지정한 경우이다. 일정한 기준으로 LOD를 설정하였을 때 그보다 상세한 수준이 낮은 경우에는 복합부재를 사용한 것으로 간주한다. A, B, C공종을 포함하는 부재가 있을 때 해당부재의 LOD가 5로 설정되어 있으나 실제 모델링 된 수준은 A공종에 해당하는 부재가 5, B는 4, C는 3일 경우에 1)의 LOD 점수는 5로 일괄적으로 부여하고 A, B, C 공종은 각각의 LOD에 맞게 감점하는 방식이다.

두 번째는 일정한 LOD 기준이 없는 경우로 각각의 공종에 1)의 LOD 점수를 다르게 부여하며 복합부재는 고려하지 않는 방향으로 적용할 수 있다.

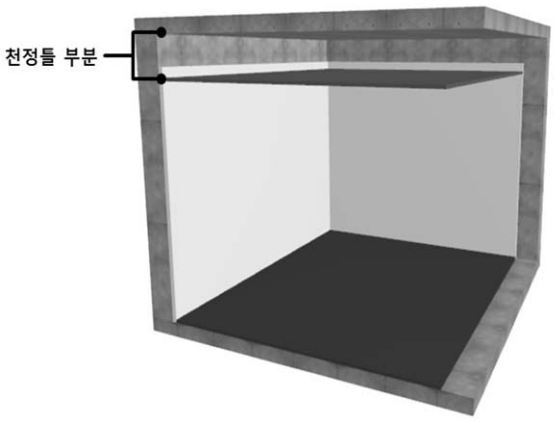


그림 10. 일반적인 천정 모델링

예를 들어 천정 모델링의 경우 천정틀과 석고보드로 이루어지는데 그림 10과 같이 석고보드는 LOD 5의 수준으로 모델링하지만 천정틀을 모델링하기에는 너무 많은 노력이 필요한 관계로 모델링하지 않고 천정의 넓이를 기준으로 산출하는 것이 일반적이다.(LOD 2의 수준) 첫 번째 방식을 적용하면 석고보드에 해당하는 공종(수장공사)과 천정틀에 해당하는 공종(금속공사) 모두가 LOD 5를 부여받고 복합부재에 대한 점수를 감점 받는다. 두 번째 방식을 적용하면 수장공사는 LOD 5점, 금속공사는 LOD 2점을 적용하고 복합부재에 대한 감점은 적용 받지 않는다.

3) 부재의 누락과 부재의 중첩은 전체 물량산출 아이템 대비 발생 건수를 통해서 계산할 수 있으나 발생 경우의 수와 미치는 영향이 케이스마다 상이하기 때문에 실질적 적용에는 한계가 있다. 또한, 현재 소프트웨어 수준으로는 중첩에 대한 완벽한 파악이 힘든 실정이며 누락의 경우는 결국 전문가가 직접 BIM 모델을 검토해야하는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 BIM기반 견적 경력자들의 인터뷰를 통해 설계오류 사항에 대한 보고서와 조치 여부가 완성도에 미치는 영향을 조사하여 다음 표 7과 같이 가정하여 적용하였으며, 향후 BIM 소프트웨어의 개선 문제를 포함하여 이와 관련된 사항에 대한 연구가 이루어진다면 본 연구를 통해 개발된 BQI 지수의 신뢰성은 더욱 높아질 것으로 판단된다.

표 7. 설계오류 보고서 및 조치사항이 미치는 영향

구분	설계오류 보고서	조치사항	영향정도
1점	O	O	0%
3점	O	X	-10%
5점	x	X	-20%

4) 물량산출 업무는 결국 공사비를 도출하기 위한 업무이기 때문에 BIM 모델을 통한 물량산출의 완성도를 예측하기 위해서는 각 공종별 중요도에 따른 가중치가 필요하다. 공사비 비중이 큰 공종의 물량을 정확하게 산출할수록 견적 업무의 완성도는 높아진다고 할 수 있기 때문에 본 연구에서는 가중치를 공사비 비중으로 적용하였다.

가중치는 조달청에서 공시한 건축유형별 공사비 분석 자료 또는 기업에서 자체적으로 보유하고 있는 공사비 분석 자료를 활용하여 도출할 수 있는데 본 연구에서는 건축유형별 공사비 분석 자료의 세부공종 공사비 구성자료(조달청 2010)를 활용하여 다음의 표 8과 같이 가중치를 도출하였다.

표 8. 공종별 가중치 도출 (조달청 2010)

(단위 : 원/㎡)

세부공종	세세부 공종	직접공사비	점유율	가중치
공통 부대공사	가설공사	41,853	3.50%	0.035
	토공사 및 지정공사	11,208	0.90%	0.009
	작업부산물	-719	-0.10%	-0.001
	부대시설공사	118,992	10.00%	0.1
골조공사	철근콘크리트공사	202,769	17.10%	0.171
	철골공사	34,826	2.90%	0.029
마감공사	조적공사	17,805	1.50%	0.015
	석공사	36,681	31%	0.31
	타일공사	6,720	0.60%	0.006
	목공사	12,461	1.10%	0.011
	방수공사	23,122	2.00%	0.02
	지붕 및 홈통공사	4,759	0.40%	0.004
	금속공사	61,548	5.20%	0.052
	미장공사	20,801	1.80%	0.018
	창호공사	72,245	6.10%	0.061
	유리공사	14,272	1.20%	0.012
	도장공사	14,037	1.20%	0.012
	수장공사	57,556	4.90%	0.049
	기타공사	70,828	6.00%	0.06
	골재대 및 운반비	3,488	0.30%	0.003
설비공사	기계공사	149,275	12.60%	0.126
	전기공사	140,257	11.80%	0.118
	통신공사	70,884	6.00%	0.06
합 계		1,185,668	100.00%	1

4.2.4 BQI 도출식 정리

본 단계에서는 선행단계에서 설정한 개발 방향과 BQI Matrix 설계(안) 그리고 평가 항목을 기반으로 BQI를 도출하기 위한 수식을 정리하여 BQI Matrix 설계를 완성하였으며 그 결과는 표 9와 같다.

본 연구에서 궁극적으로 도출하고자 하는 지수는 모델의 완성도를 평가하기 위한 지수(BQIModel)와 물량산출의 완성도를 예측하기 위한 지수(BQIQuantity)로 각각의 지수를 도출하기 위한 과정은 다음과 같다.

1) 각각의 지수는 점수표 상의 bqi 점수를 기반으로 도출되기 때문에 우선적으로 bqi를 구하기 위한 도출식의 정리가 필요하다. bqi 점수는 평가 항목으로 선정된 영향 요인 중 완성도 향상 요인으로 분석된 BIM 모델의 LOD와 비례 관계를 가지며 완성도 저하요인으로 분석된 복합부재의 사용량, 부재의 중첩, 부재의 누락과는 반비례 관계를 갖는다. 또한, 각각의 요인은 5점 척도를 활용하여 점수를 부여하기 때문에 bqi 점수도 5점 만점의 체계를 따르게 하기 위해 각각의 요인에 대한 평균 점수를 계산하도록 식을 구성하였다. 보다 정확한 bqi를 도출하기 위해서는 각각의 세부 평가 항목에 대한 가중치를 적용해야하나 본 연구에서는 가중치는 없는 것으로 가정하였으며 도출된 계산식은 다음의 식(1)과 같다.

$$bqi = \frac{\text{완성도 향상요인 지수의 평균값}}{\text{완성도 저하요인 지수의 평균값}} \quad \cdots\cdots (1)$$

2) BQIe(부위별 BQI)는 bqi를 부위를 기준으로 평균을 낸 값으로 다음의 식 (2)와 같으며,

$$BQI_e = \frac{\sum_{k=1}^{n} bqi_k}{n} \quad \cdots\cdots (2)$$

주 : n = 해당 공종의 수

3) BQIw(공종별 BQI)는 bqi를 공종을 기준으로 평균을 내고 해당 공종의 가중치(공사비중)를 적용한 다음 공종별 기준 BQI 값과의 백분율을 계산한 값으로 다음의 식 (3)과 같다.

$$BQI_w = \frac{\text{공사비중} \times (\sum_{k=1}^{n} bqi_k)/n}{\text{공종별 기준 } BQI} \times 100 \quad \cdots\cdots (3)$$

BQIw는 BQIe와 다르게 가중치가 적용이 되기 때문에 5점 척도가 아닌 백분율로 나타내야 한다. 따라서 백분율의 적용을 위해 공종별 기준 BQI라는 요소가 추가되었는데 이는 해당 공종의 모든 bqi 값이 만점인 경우의 값이다.

선행 단계에서 정리된 3개의 도출식을 기반으로 BIM 모델의 완성도를 평가하기 위한 BQI와 물량산출의 완성도를 예측하기 위한 BQI의 도출 과정은 다음과 같다.

4) BIM 모델의 완성도 평가를 위한 BQIModel은 식 (1)을 통해서 도출된 bqi 점수를 기반으로 식 (2)를 통해 BQIe를 구한 다음 BQIe의 평균값으로 도출되며 다음의 식 (4)와 같다.

$$BQI_{Model} = \frac{\sum_{k=1}^{n} (BQI_e)_k}{n} \quad \cdots\cdots (4)$$

5) 물량산출의 완성도를 예측하기 위한 BQIQuantity는 식 (1)을 통해서 도출된 bqi 점수를 기반으로 식 (3)을 통해 BQIw를 구한 다음 BQIw의 평균값으로 도출되며 다음의 식 (5)와 같다.

$$BQI_{Quantity} = \frac{\sum_{k=1}^{n} (BQI_w)_k}{n} \quad \cdots\cdots (5)$$

표 9. BQI Matrix 예시

부위 / 공종				철근 콘크리트 공사			조적공사			미장공사			방수공사			금속공사			지붕 및 홈통공사			창호 및 유리공사			타일 및 돌공사			도장공사			수장공사			부대공사			부위별 BQI (BQIe)
				가중치 : 0.171			가중치 : 0.015			가중치 : 0.018			가중치 : 0.02			가중치 : 0.052			가중치 : 0.004			가중치 : 0.073			가중치 : 0.316			가중치 : 0.012			가중치 : 0.049			가중치 : 0.1			
				LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		LOD	복합부재		
				부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		부재누락	부재중첩		
구분	층	실명	부위			bqi			bqi			bqi			bqi			bqi			bqi			bqi			bqi			bqi			bqi		
경비실	PIT	PIT	Floor	4	1																															4
				1	1																															
						4																														
			Column	4	1																															4
				1	1																															
						4																														
			Wall	4	1																															4
				1	1																															
						4																														
	1F	Room1	Floor	4	1																															4
				1	1																															
						4																														
			Column 1-4	4	1																							5	1							4.5
				1	1																							1	1							
						4																								5							
			Wall 1-4				5	1		5	1											1	1		3	1											3.5
							1	1		1	1											1	1		1	1										
									5			5												1			3										
			Beam	4	1																							5	1							4.5
				1	1																							1	1							
						4																								5							
			Ceiling							5	1					4	2														5	1					4.333
										1	1					1	1														1	1				
												5						3															5				
		Room2	Floor	4	1					5	1																									4.5
				1	1					1	1																									
						4						5																									
			Wall 1~4				5	1		5	1		5	1								1	1		5	1											4.2
							1	1		1	1		1	1								1	1		1	1										
									5			5			5									1			5										
			Beam	4	1																							5	1							4.5
				1	1																							1	1							
						4																								5							
			Ceiling							5	1					4	2														5	1		5	1		4.5
										1	1					1	1														1	1		1	1	
												5						3															5				
	Roof	Roof	Floor	4	1					5	1		5	1																						4.667
				1	1					1	1		1	1																						
						4						5			5																						
			Wall	4	1		5	1		5	1		5	1																						4.75
				1	1		1	1		1	1		1	1																						
						4			5			5			5																						
			Roof																5	1																	5
																			1	1																
																					5																
공종별 BQI (BQIw)				80			100			100			100			60			100			20			80			100			100			100			4.33 / 78.72
공사비중 x Σdpi				0.684			0.075			0.09			0.1			0.156			0.02			0.073			1.264			0.06			0.245			0.5			3.267
공종별 기준 BQI				0.855			0.075			0.09			0.1			0.26			0.02			0.365			1.58			0.06			0.245			0.5			4.15

5. Pilot Test를 통한 BQI 검증

5.1 Test 개요

본 단계는 도출된 BQI Matrix를 검증하기 위한 단계로 실제 BIM 모델을 대상으로 테스트를 수행하였으며 테스트 시나리오는 다음 그림 11와 같다.

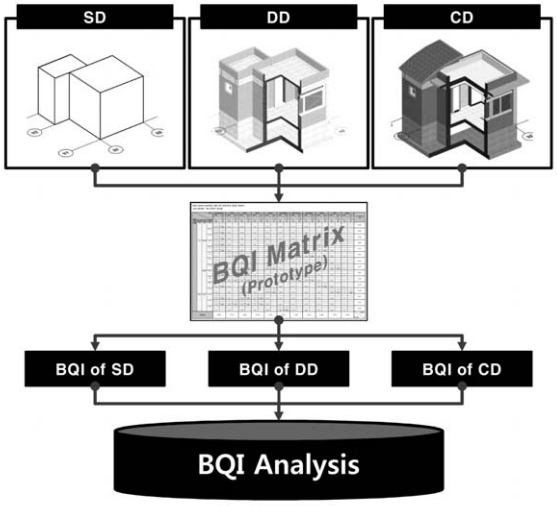


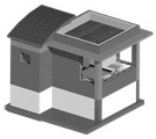
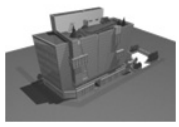
그림 11. 테스트 시나리오

BIM기반 물량산출은 설계가 완성되어감에 따라 건물모델로부터 보다 상세한 물량을 신속하게 산출할 수 있다 (Eastman 2008). 따라서 본 Pilot Test에서는 동일한 건축물의 설계 단계별 (Schematic Design, Detail Design, Construction Design) BIM 모델을 대상으로 Test를 실시하였다. 각각의 단계에 대한 BQI 점수를 본 연구를 통해 도출된 BQI Matrix를 활용하여 도출하며, 도출된 각각의 BQI가 설계단계에 따라 증가하는 지 여부를 확인한다. 이와 같은 방법으로 BQIModel과 BQIQuantity에 대한 Test를 실시하며, 신뢰도 증가를 위해 여러 타입의 건축물을 대상으로 Test 반복 수행한다.

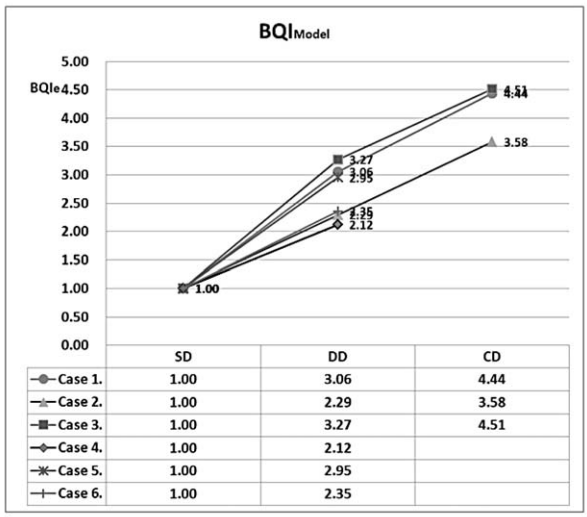
5.2 Test 수행을 통한 BQI 검증

본 단계에서는 선행단계에 설정한 테스트 시나리오를 토대로 BQI를 검증하기 위한 테스트를 실시하였다. 테스트 대상은 6개의 BIM 모델을 대상으로 하였으며 각각의 대상 모델에 대한 개요는 다음의 표 10과 같다. Case 1~3은 물량산출을 목적으로 생성된 BIM 모델로 SD, DD, CD 모든 레벨까지 구현되어 있으며, Case 4~6은 도면화, 기본설계 단계의 ifc 모델 등으로 SD, DD 레벨까지 구현되어 있다.

표 10. Pilot Test 대상 모델 개요

Case 1.	Case 2.	Case 3.
00아파트 경비실	S대 기숙사	성내동 오피스
		
Test LOD		
SD, DD, CD	SD, DD, CD	SD, DD, CD
Case 4.	**Case 5.**	**Case 6.**
서초구 오피스	망우동 00아파트	C대 도서관
Test LOD		
SD, DD	SD, DD	SD, DD

각각의 Case를 대상으로 테스트를 실시한 결과, BIM 모델의 완성도 평가를 위한 BQI 점수는 그림 12와 같이 설계 단계에 비례하여 선형적으로 증가하는 것으로 나타나 설계 단계가 높아질수록 BIM 모델의 완성도가 높아지는 것을 확인하였다.



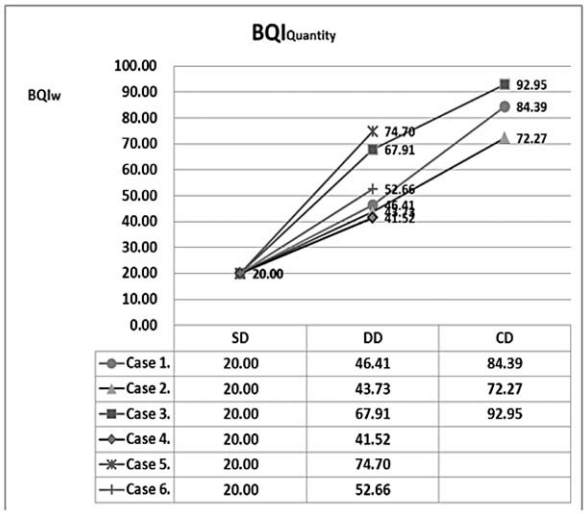
	SD	DD	CD
Case 1.	1.00	3.06	4.44
Case 2.	1.00	2.29	3.58
Case 3.	1.00	3.27	4.51
Case 4.	1.00	2.12	
Case 5.	1.00	2.95	
Case 6.	1.00	2.35	

그림 12. BIM 모델 완성도 평가용 BQI 산출 결과

각각의 점수는 5점을 만점으로 계산했을 때의 점수로 SD 단계는 매스모델의 수준으로 1점(20%)의 완성도로 나타났으며 DD 단계는 각 모델마다 상세수준에 따라 차이가 있었으나 일반적으로 2~3점(40~60%)의 완성도로 나타났다. CD 단계 역시 각 모델마다 상세수준에 따라 차이가 있었으나 일반적으로 3~5

점(60~100%)의 완성도로 나타났다.

물량산출 완성도를 예측하기 위한 BQI 점수 역시 그림 13과 같이 설계 단계에 비례하여 선형적으로 증가하는 것으로 나타나 설계 단계가 높아질수록 물량산출의 완성도 예측치가 높아지는 것을 확인하였다. 각각의 점수는 100%와 비교하여 SD 단계는 매스모델의 수준으로 20%로 나타났으며, DD 단계는 40~70%, CD 단계는 70~100%로 나타났다.



	SD	DD	CD
Case 1.	20.00	46.41	84.39
Case 2.	20.00	43.73	72.27
Case 3.	20.00	67.91	92.95
Case 4.	20.00	41.52	
Case 5.	20.00	74.70	
Case 6.	20.00	52.66	

그림 13. 물량산출 예측용 BQI 산출 결과

각 테스트를 수행한 결과 BQI 점수는 설계 단계가 높아짐에 따라 선형적으로 증가하는 것으로 나타나 BIM 모델의 완성도에 따라 BQI 점수도 일관성 있게 증가하는 것을 확인하였다.

그러나 같은 레벨의 설계 단계 내에서 점수의 차이가 나타나는 것 또한 확인하였는데 이는 프로젝트마다 특성이 다르기 때문에 설정 목표 등에 따라서 발생하는 차이점으로 분석되었다. Case 2와 Case 5의 경우 비슷한 형태의 단위 유닛 모델임에도 불구하고 현저한 차이를 보이는데 Case 2는 마감모델로 골조 물량이 포함되지 않으며 Case 5는 단위 유닛 모델이나 골조 물량을 포함하는 특징이 있다. 골조물량의 경우 마감물량에 비해 상대적으로 낮은 LOD에서도 정확한 물량을 산출할 수 있는데, Case 5의 경우 물량산출의 목적이 아닌 도면화를 목적으로 생성된 BIM 모델로 실제로 물량산출을 하기에는 부족한 부분이 많은 모델이었으나 골조 물량이 포함되어 BQI 점수가 높게 나온 반면, Case 2의 경우 골조모델과는 따로 생성된 마감모델로 골조물량이 포함된다면 BQI 점수가 상향될 것으로 판단된다.

6. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 BIM기반 물량산출 완성도 측정을 위한 지수 (BQI)를 개발하는 것을 목적으로 기존 2D 기반 견적에 영향을 미치는 요인을 분석하고, BIM 관련 문헌고찰 및 Pilot Test를 통해 BIM기반 물량산출에 영향을 미치는 요인을 도출하였다. 도출된 요인을 기반으로 BQI Matrix를 설계하여 BIM 모델의 완성도를 평가하고 해당 모델을 통한 물량산출의 완성도를 예측할 수 있는 지수를 개발하였다. 또한, 개발된 BQI의 검증을 위해 6개의 BIM 모델을 대상으로 Pilot Test를 실시하였으며 그 결과 BQI 점수가 실제로 설계 단계가 진행됨에 따라 일관성 있게 높아지는 것을 확인하였다.

본 연구에서 제안하는 BQI는 다음과 같은 다양한 목적에서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

1) BIM기반 물량산출 결과물에 대한 완성도를 평가하는데 활용될 수 있다.
2) 발주자가 계약자에게 요구하는 결과물의 완성도를 명확하게 밝힐 수 있다.
3) BIM 관련 서비스 제공자는 자신의 서비스를 통해 BIM의 완성도가 얼마나 향상되었는가를 정량적으로 나타낼 수 있다.
4) BQI 지수를 활용하여 BIM의 진화과정 평가 및 관리를 하는 데에 활용할 수 있다.

참고문헌

강호영 (2010), "거꾸로 본 BIM", The BIM, 10월호, 빌딩스마트협회, pp. 27~29

김기찬, 정관용, 최진, 김희숙, 김성원 (2007), Vensim을 활용한 System Dynamics, 1판, 서울경제경영.

김성아, 윤수원, 진상윤, 김태용 (2009), "BIM 기반 공동주택 마감 물량 산출 생산성 향상을 위한 마감 모델링 자동화 시스템 개발", 대한건축학회 논문집, 제25권 제 9호, pp.133~143

박문서, 손보식, 안선주, 이현수 (2005), "시스템다이내믹스를 이용한 건설정책 분석-싱가폴의 생산성 정책을 대상으로", 대한건축학회 논문집, 제 21권 5호, 대한건축학회, pp. 123~134

빌딩스마트협회 연구편집위원회 (2009), 빌딩스마트협회 BIM 교육교재

안성훈, 박우열 (2008), “건축 프로젝트 개산견적 신뢰도에 영향을 미치는 주요 인자에 관한 연구”, 한국건축시공학회 논문집, 제8권 제4호, 한국건축시공학회, pp.53~59.

안용선, 송규열, 허정민 (2003), “건설사업 초기단계에서 개산견적의 정확성 향상방안”, 대한건축학회 논문집, 제19권 제11호, 대한건축학회, pp.133~140.

이상복, 신동설 (2008), QFD(품질기능전개) 이론과 사례, 이레테크

정준호, 이창희, 김성아, 진상윤, 최철호 (2010), “국내 건설 산업에서의 물량산출 특성을 고려한 공법기반 견적자동화 시스템 개발”, 전산구조공학회 학술발표대회

조달청 시설사업국 (2010), 2009 공공시설물 유형별 공사비 분석, 조달청

조달청 (2010), 시설사업 BIM적용 기본 지침서 v1.0, 조달청

최철호, 박영진, 한성훈, 진상윤 (2006), “레서피 기반의 견적 방법을 이용한 5D CAD 시스템”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.154~160

Eastman C. and Teicholz P. and Sacks R. and Linston K. (2008), BIM Handbook, John Wiley & Sons, Inc.

Jan Karlsh øj (2010), “Denmark BIM Experience”, 외국의 BIM 전문가 세미나, 한국건설관리학회

John R. Hauser and Don Clausing (1988), "The House of Quality", Harvard Business Review May-June, pp. 63~73

Kwak S. (1995), "Policy Analysis of Hanford Tank Farm Operations with System Dynamics Approach", Doctoral Thesis, Department of Nuclear Engineering, MIT, Cambridge, MA, pp. 34~36

Sterman, J. (2000), "Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World", McGraw-Hill Companies, New York, NY, pp. 191~232.

Steven M. T. and Garold D. O. (2003), “Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Using Factor Analysis and Multivariate Regression”, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 129, No. 2, pp.198~204

Zigang Shen and Raja R.A. Issa (2010), “Quantitative Evaluation of The BIM-Assisted Construction Detailed Cost Estimates. Journal of Information Technology in Construction”, Vol. 15, pp234~257

논문제출일: 2011.07.05
논문심사일: 2011.07.08
심사완료일: 2011.08.16

요 약

건설 프로젝트에서 물량 산출은 공사비를 결정하는 중요한 요소로 정확성과 신뢰성이 요구된다. BIM 데이터로부터 물량정보의 추출은 물량산출을 매우 정확하고 신속하게 수행할 수 있다는 점에서 매우 매력적이다. 하지만, BIM을 어떻게 구축하였는가에 따라 그 물량산출 결과가 매우 상이하게 나타날 수 있다. 프로젝트가 진행됨에 설계정보가 점점 더 구체화되기 때문에 BIM 모델의 완성도와 물량산출의 정확도 또한 높아질 것으로 기대할 수 있다. 하지만, 단계별로 공사비를 예측할 때 현 단계에서의 BIM data를 기반으로 한 물량산출의 정확도가 얼마 정도인지 평가하거나 예측할 수 있는 방법이 없기 때문에 그 결과물을 신뢰하기 어렵고 기존방식의 견적에 다시 의존하게 되는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 BIM 기반 물량산출에 영향을 미치는 요인을 도출하고, 이를 기반으로 BIM기반 물량산출 결과물의 완성도를 정량적으로 측정하고 예측할 수 있는 방법과 체계를 제시하는 것에 초점을 두고 있다. 본 연구에서 제시하는 측정체계와 지수는 약 6개의 파일럿 프로젝트 적용을 통해 그 측정결과의 일관성과 타당성이 검증되었다.

키워드 : 건물정보모델링(BIM), 물량산출, 완성도, 지수