

철근콘크리트골조 BIM기반 수량산출 및 견적 가이드라인 수립

주 선 우¹ · 김 치 경^{1*} · 김 시 욱¹ · 노 준 오²

¹단국대학교 건축대학 건축공학과, ²한국토지주택공사 주택원가관리처

BIM-Based Quantity Takeoff and Cost Estimation Guidelines for Reinforced Concrete Structures

Seon U Joo¹, Chee-Kyeong Kim^{1*}, Si-Uk Kim¹ and Jun-Oh Noh²

¹Department of Architectural Engineering, Dankook University, Yongin, 16890, Korea

²Housing Welfare Division, Korea Land & Housing Corporation, Jinju, 52852, Korea

Abstract

The object of this research is an establishment of BIM-based quantity takeoff(QTO) and cost estimation guidelines for reinforcement concrete structures focused on improvement of field applicability in transition period from 2D drawing-based environment to 3D BIM-based environment. Preliminary studies on existing guidelines and standards for BIM modeling, QTO and cost estimation of reinforcement concrete structures are performed, and then a standardization of BIM-based cost estimation process is proposed through comparative analysis between 2D drawing-based cost estimation process and 3D BIM-based. In addition, modeling, QTO, and cost estimation processes of cost-BIM model for RC structures are conducted. The contributions of this research and the guidelines suggested by this research are 1) lowering barriers to entry to the new BIM-based environment for small size companies, 2) reducing construction cost by a close estimate, 3) establishing the foundation for integrated management of informations through construction project life cycle, 4) and ultimately, developing the BIM ecosystems.

Keywords : Cost-BIM, BIM-based quantity takeoff, BIM-based cost estimation, BIM, RC structure

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 2차원 도면 기반의 아날로그 환경에서 3차원 모델 기반의 디지털 환경으로의 전환기에 들어서 있다. 건축물의 3차원 모델을 기반으로 설계, 물량, 공정 및 유지관리 등에 관한 각종 정보를 디지털화하여 통합적으로 생산·관리하는 기술인 Building Information Modeling(이하 BIM)은 프로젝트에서 생성되는 정보를 사업기획-설계-시공-유지관리-폐기 및 재활용에 이르는 건설사업 전 생애주기에 걸쳐 활용 가능하게 함으로써 건설산업의 4차 산업혁명을 선도하는 핵심기술, 뿌리기술 역할을 할 것이다.

Smart Market Report(2012, 2014, 2015)에 따르면

BIM의 적용을 통해 국내외 다수의 건설 프로젝트와 BIM 사용자들이 설계오류와 재작업 감소, 공기단축, 비용절감, 의사소통 향상 등의 효과를 얻을 수 있으며, 국내 건설 참여자들 역시 도면 정확도 및 견적 능력 향상을 목표로 BIM을 도입하고 있다. 이에 따라 건설사업 BIM 적용 확대 및 활성화를 위해 정부를 중심으로 지침 및 가이드라인을 수립·배포하고 시범 사업을 수행해 왔으나, 그 대상이 주로 설계단계에 머물러 있어 후속 단계에서 BIM 정보의 연속적인 활용에 한계가 있기 때문에 실제 건설현장에서의 BIM 도입은 더디게 이루어지고 있다.

최근 국내에선 대형건설사를 중심으로 설계단계에서 생산된 정보를 공사원가 절감 및 업무생산성 향상에 활용하기 위해 철근콘크리트공사를 대상으로 BIM기반 수량산출 및 견적 업무를 시범 도입하여 사전 도면오류 검토 소요시간 단축,

* Corresponding author:

Tel: +82-31-8005-3760; E-mail: cheekim@dankook.ac.kr

Received November 28 2017; Revised December 3 2017;

Accepted December 4 2017

©2017 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

골조공사 물량 정확성 향상, 공정간 간섭 감소 등의 주요성과를 달성하였다. 또한 각 건설사의 업무 프로세스에 부합하는 BIM 견적업무 수행을 위해 자사의 수량산출·견적 기준을 BIM 수량산출 및 견적 알고리즘에 반영하고 있다. 그러나 일부 대형 건설사를 제외하면 BIM기반 견적에 대한 표준화된 업무 프로세스, 방법 및 성과물 기준 등이 정립되어 있지 않아 새로운 기술환경에 적응이 어려우며, 이로 인해 BIM 도입을 통해 기대하는 일련의 선순환 효과를 달성하기 어려운 실정이다.

이에 본 연구는 2D CAD 설계도서 기반의 환경에서 3D BIM 모델 기반의 환경으로의 기술전환기에 BIM 적용 효과를 극대화할 수 있는 현장 적용성 확보에 중점을 두고, 국내 대표적인 공동주택건축 발주기관 공사의 수량산출·견적 지침 및 기준을 반영한 BIM기반 수량산출 및 견적에 대한 업무를 표준화한 가이드라인을 수립하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

상기 연구목적 달성을 위해 BIM 적용·모델링 관련 기준 지침 및 가이드라인을 고찰하고, 철근콘크리트공사 수량산출 및 견적 관련 기준에 대해 조사·분석한다. 철근공사의 경우 수량산출 정밀도에 큰 영향을 주는 배근상세 기준에 대한 고찰을 포함한다. 또한 문헌고찰 및 인터뷰를 통해 기존 2D CAD 도면기반 견적과 3D BIM기반 견적을 비교분석하며, 3D BIM기반 수량산출 및 견적 업무 표준 프로세스를 제시하고, 철근콘크리트 공사 견적 BIM 모델링 및 결과물에 대한 가이드라인을 제안한다 (Fig. 1).

본 가이드라인 수립 연구의 대상공종은 철근콘크리트공사 골조공사(철근, 거푸집, 콘크리트)로, 수량산출 및 견적 기준은 국내 철근콘크리트 건축물 중 가장 큰 비중을 차지하는 공동주택의 대표적인 발주기관인 한국토지주택공사와 서울주택도시공사의 기준으로 한정한다.

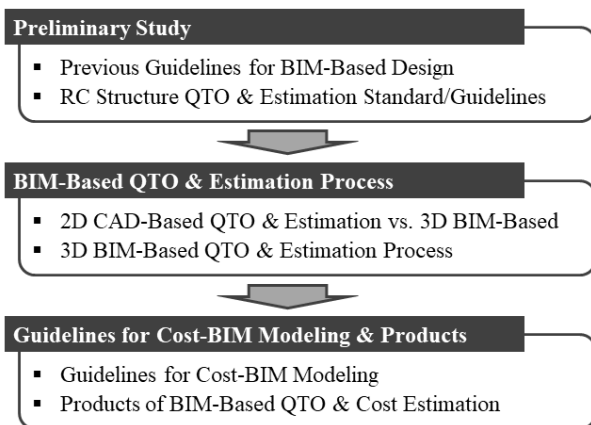


Fig. 1 Research procedure

2. 예비적 고찰

2.1 BIM 적용 및 모델링 작성 관련 지침

BIM기반 수량산출·견적을 위한 데이터 작성 지침 및 모델링 범위의 비교분석을 위해 건축설계 및 건설사업 BIM 적용과 관련한 기존 지침 및 가이드라인, 한국토지주택공사와 서울주택도시공사의 견적 지침을 고찰하였다.

현재 국내에 제시된 가이드라인은 각 기관의 특성 및 사업목적에 따라 적용범위 및 방법에 차이가 있으며, 데이터 추출, 견적 자동화, 3D-Visualization, 4D-Simulation, 에너지 분석, 간섭 체크 등의 다양한 BIM 활용기술에 대한 전반적인 가이드라인을 제시하여 실무에서 활용 가능한 수준보다는 상위 개념 단계에 머물고 있는 것으로 분석되었다.

Table 1 Guidelines for BIM-based estimation data

	BIM implementation strategies for LH project(LHI, 2015)	BIM implementation guidelines(Public Procurement Service, 2016)
QTO & Estimation method	(3D BIM-based QTO) + (2D Based QTO) (BIM-based quantity) ×(Adjustment factor) ×(Historical cost)	Reinforced concrete / Steel : by Volume Others : by Area
Object definition	(BIM-based cost)/(Total cost) ≥ 75%	Minimization of modeling components
Estimation review	Application plan, BIM-Based design report	Operational plan, result report
Product format	Quantity attribute data(xls)	Quantity attribute data(xls)

Table 2 The scope of Cost-BIM modeling

	Building components for modeling	
LH guidelines for estimation SH estimation standard	Foundation, Column, Beam, Slab, Wall, Stairs, and etc.	
BIM implementation strategies	Structural model	Foundation, Column, Beam, Slab, Wall, Stairs, Ramp
	Architectural model	Foundation, Column, Beam, Slab, Wall, Stairs, Ceiling, Roof, Door, Window, EL, (Furniture, Equipment)
BIM implementation guidelines	Structural model	Foundation, Column, Beam, Slab, Wall, Stairs, Ramp, Roof, Truss, Deck Plate
	Architectural model	Wall, Secondary wall, Door, Window, Shutter, Opening, Curtain wall, Stairs, Roof, Ceiling, Railing, Arch

Table 1에 BIM기반 수량산출 및 견적 데이터 작성과 관련한 지침 중 BIM 설계 활성화를 위한 전략 수립 연구(LHI, 2015) 및 조달청(2016)의 시설사업 BIM 적용 기본지침서 v1.31을 비교분석한 내용을 정리하였다.

또한 한국토지주택공사(2016)와 서울주택도시공사(2016)의 견적 지침 및 한국토지주택연구원(2015), 조달청(2016)의 BIM 적용 관련 지침을 고찰하여 BIM 모델 작성범위를 비교 분석(Table 2)하였으며, 본 연구의 BIM 구조모델 범위를 한국토지주택공사의 견적지침에 따라 작성하였다.

2.2 철근콘크리트공사 수량산출·견적 기준 및 지침

철근콘크리트공사 3D BIM기반 수량산출 및 견적 업무 표준 프로세스 도출 위해 국내 대표적인 RC구조 공동주택 발주기관인

Table 3 Guidelines for concrete work cost estimation

	LH guidelines for estimation(2016)	SH estimation standard(2016)
Additional rate	Reinforced concrete(1%) Plain concrete(2%)	
Subtracting of embedded facilities	0.5% of each structure's volume	No subtracting (except Steel)
Subtracting of rebar	Volume of rebar	No subtracting
Subtracting of opening	-	No subtracting below 1m ²
Basement composite wall	-	If necessary

Table 4 Guidelines for form work cost estimation

	LH guidelines for estimation(2016)	SH estimation standard(2016)
No subtracting-1	Area of components' connections	
No subtracting-2	Opening below 1m ²	
System(Al) form application	Every structural wall of apartment house which have 10 stories or more	
Gang form application	Outside wall of 7 th and over 7 th floor	Outside wall of 12 th and over 12 th floor

Table 5 Guidelines for rebar work cost estimation

	LH guidelines for estimation(2016)	SH estimation standard(2016)
Additional allowance	(Real quantity)×(Additional rate)	
Splice length	(Real quantity)×(Additional rate)×(Adjustment rate)	Real quantity
Development length	Real quantity	
Classification of rebar work	by Manufacturing method/Construction difficulty/Customized	by Manufacturing method/Construction difficulty

한국토지주택공사(2016)와 서울도시주택공사(2016)의 수량산출 및 견적 기준·지침을 고찰하고, 콘크리트(Table 3), 거푸집(Table 4), 철근공사(Table 5)에 대해 각각 비교분석하였다.

3. BIM기반 수량산출 및 견적 업무 프로세스

3.1 2D 설계도서 기반 견적 및 3D BIM기반 견적

기존 2차원 설계도서 기반의 견적 업무는 설계도서에 표기된 자재명, 부재 치수, 실의 길이 등을 토대로 작성한 내역 별로 산출식을 작성하여 수량을 산출하며, 산출된 수량에 단가를 곱하고, 기타 경비 등을 추가하여 비용을 산출·검토하는, 물량산출-내역작성-물량 및 단가 검토-견적서 작성의 일련의 과정을 통해 입찰가격 또는 공사비를 결정하게 된다(Kim *et al.*, 2016). BIM기반 수량산출 및 견적은 별도의 산출식을 통하지 않고 3차원 모델이 직접적으로 제공하는 길이, 면적, 부피와 같은 물량 속성 정보를 추출하여 내역과 연계하는 방식으로 진행된다(Kim *et al.*, 2009).

기존 견적 방식은 설계도서 완성 이후 업무가 진행되며, 잦은 설계변경 및 재작업 발생, 설계도서 미비 및 후속단계(시공 단계)에 대한 고려 부족으로 인한 물량 증감과 견적 시간 부족이 가장 큰 한계점으로 인식되고 있다(Lee, 2014). 기존 방식에 따른 철근콘크리트 골조공사 수량산출 및 견적의 오류 및 오차 발생 요인은 도구적 요인, 인력 요인, 환경 요인, 데이터 요인으로 분류할 수 있다.

도구적 요인은 프로그램 정확도 부족, 실적에 의한 추정, 오류 체크시스템 부재 등 설계도서를 통해 수량산출에 필요한 변수값을 견적업무 작업자가 판단하여 입력한 산출식에 따라 물량을 산출하는 방식으로 인해 발생할 수 있는 오류 및 오차 요인을 말한다. 인력 요인은 시공 상세에 대한 지식 부족, 프로그램 숙련도 미흡, 업무과다, 담당자 별 해석 상이 등 견적 담당 인력의 경험 및 관습, 숙련도, 또는 단순실수에 따라 상이한 결과가 발생할 수 있는 요인을 의미한다. 환경 요인이란 전략적 설계변경, 잦은 설계변경 및 Lead time 부족으로 인한 시간 부족, 변경사항에 대한 이력관리 시스템 부재 등 기본설계 이후 착공 전까지의 짧은 기간에 견적업무가 이루어져야 하는 여건으로 인해 발생하는 오류 및 오차 요인이며, 데이터 요인은 설계도서 간 정보 불일치, 약식 수량산출기준 적용을 통한 실제 시공 물량과 견적 물량의 차이, 부재별-타입별 물량 차이 분석 미비 등 기본 설계도서 및 기존 프로세스의 한계로 인해 발생하는 데이터 미흡 및 부정확으로 인해 발생하는 오류·오차의 요인을 의미한다.

3D BIM기반 철근콘크리트 골조공사 견적을 시험적용한 국내 대형건설사 인터뷰를 통해 기존 견적방식과 대비하여 숙련도, 오류체크 시스템, 정확성, 데이터 활용성 등 네 가지 부분에 대해 BIM기반 견적 도입효과를 비교분석하였다.

첫째로 기존 견적방식은 배근상세, 수량산출 등의 기준에 대한 충분한 지식, 경험이 필요하여 작업자의 숙련도에 따라 수량산출에 소요되는 시간과 수량산출 결과가 상이한 반면, BIM기반 견적은 배근상세, 수량산출 등의 기준을 알고리즘으로 대체함으로써 숙련도에 관계없이 모든 작업자가 동일한 수량산출 결과를 소요시간의 큰 차이 없이 도출할 수 있다.

둘째로 기존 방식은 산출결과를 통해 산출수량의 누락여부나 산출부위에 대한 확인이 어려워 기존 실적에 따른 추정을 통한 수량 적정성 검토를 해야 하며, 견적기간 부족으로 설계도서 간 불일치 항목에 대해서 작업자의 경험에 근거해 수량을 산출해야 하는 경우가 자주 발생한다. 이에 반해 BIM기반 견적은 시각화 검토 및 알고리즘 검토를 통해 수량 및 설계 정합성 검토가 가능하여 수량산출 내역에 대한 참여주체 간의 신뢰성을 증대시킬 수 있다.

셋째로 기존 수량산출 견적 기준에 따른 방식은 견적에 의해 산출한 물량의 실제 시공물량에 대한 오차율 분석이 어렵지만 BIM기반 견적은 시공 상세를 견적 단계에 반영하여 실제 시공 물량과 견적 물량의 차이가 적으며, 동일 기준에 따른 수량 산출을 통해 견적 물량 대비 실행 물량에 대한 오차율 분석 및 관리가 가능하다는 장점이 있다.

마지막으로 기존 설계도서 기반 견적 방식은 견적단계에서 발생한 데이터를 후속 단계에서 활용하기 어려운 반면, BIM기반 견적 방식은 견적BIM 모델을 활용한 시공상세도의 품질 및 정확성의 향상이 가능하며, 시공단계 별로 계획 대비 실행 물량에 대한 이력 관리가 용이하며, 간섭 및 공정 검토 등의 시공 BIM 모델로의 활용이 가능하다.

이와 같이 BIM기반 견적은 기존의 2차원 설계도서 기반 견적 방식에 비해 쉽고 정밀한 견적을 가능하게 하여 견적업무의 생산성 및 정확성을 향상시킴과 동시에 시공단계에 활용할 수 있는 데이터를 제공함으로써 시공단계의 생산성과 시공성 향상에도 긍정적인 효과를 주는 것으로 분석되었다.

3.2 BIM기반 견적 업무 프로세스

BIM기반 견적 업무 프로세스 단계는 크게 BIM 견적모델이 적용되는 단계와 BIM 시공모델이 적용되는 단계로 분류할 수 있다. BIM 견적모델이 적용되는 단계는 설계도서 검토 단계, BIM 모델 구축 단계, 모델 검토 단계, 수량산출 및 견적 단계로 이루어지며, BIM 시공모델이 적용되는 단계는 현장 조건을

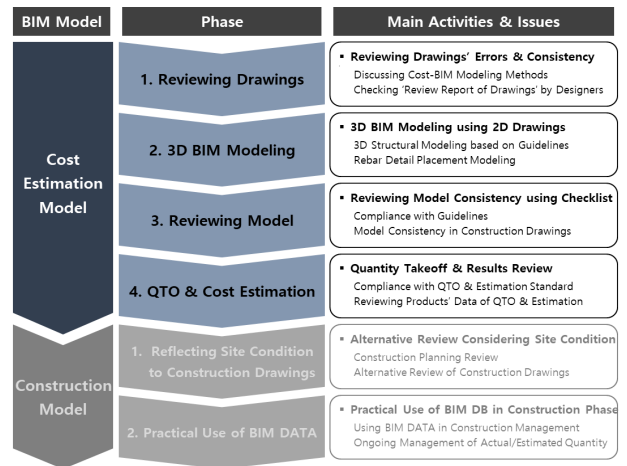


Fig. 2 BIM-based cost estimation work process

시공상세에 반영하는 단계 및 BIM 데이터를 시공에 활용하는 단계로 이루어진다(Fig. 2). 본 연구에서는 시공모델 적용단계를 제외한 BIM 견적모델 적용단계에 대한 업무 프로세스 및 주요 관리사항을 제시한다.

설계도서 검토단계는 BIM 견적모델 구축을 위해 2차원 설계도서 또는 BIM 설계모델의 정보 불일치 및 오류사항을 검토하는 단계로, 참여자 간 BIM 견적모델 모델링의 세부 사항에 대한 검토 및 협의를 도출하고 도면검토보고서를 활용하여 설계도서/설계모델의 정보 불일치 및 오류사항을 원설계자에게 전달하여 도서/모델의 수정 작업을 수행한다.

3D BIM 모델 구축 단계는 2차원 설계도서 또는 BIM 설계모델을 이용하여 BIM 견적모델을 구축하는 단계를 말한다. 이 단계에서는 설계도면/모델 및 가이드라인에 따라 객체속성과 모델속성을 가진 3D BIM 골조 견적모델을 구축하며, 특히 설계도서, 구조공통도, 구조설계기준, 가이드라인 등에 따라 철근 배근상세 모델을 구축한다.

모델 검토 단계는 테스트 모델 및 체크리스트를 활용하여 구축한 BIM 견적모델의 오류사항 및 정합성을 검토하는 단계를 의미한다. 모델 검토 단계에서는 테스트 모델 작성을 통해 가이드라인의 요구조건에 맞게 수량산출 결과가 도출되는지 검토하고, 수량산출 결과값이 상이한 경우 그 원인에 대한 분석을 실시하며, 모델 작성자는 가이드라인에서 제시한 콘크리트/거푸집/철근의 모델링 및 견적 기준 및 설계도서를 준수하여 모델링하였는지 여부를 체크리스트를 작성하여 모델과 함께 인계하고, 인계받은 작업자는 체크리스트를 보고 해당 내용에 대한 검토를 수행한다. 또한 모델 작성자는 모델링 단계에서 발견한 설계도서 및 시공상세에 대한 오류사항 및 불일치 사항을 도면검토보고서에 기재하여 원설계자 및 감독자에게 인계하고, BIM 견적모델 저작도구에서 제공하는 평면 및 3D View를 통해 작성한 모델과 설계도서, 시공상세와의 정합성 검토 작업을

수행하며, 구조객체별 일람정보표를 출력한다.

마지막 수량산출 단계는 수량산출 데이터의 산출 및 산출 결과에 대한 검토를 실시하는 단계로, 수량산출서 및 산출 내역서 세트(분석표, 집계표, 산출서)와 철근 수량산출 데이터(철근배근시공도, 철근집계표, 철근수량산출서)를 출력하며, 수량산출 기준 준수여부 및 출력물을 검토한다.

4. BIM 견적모델 작성

4.1 BIM 견적모델 작성 일반사항

본 절에서는 BIM 견적모델의 작성의 일반사항으로서 모델 작성 범위, 구역 및 층 구분, 단차 부위 작성, 도면 불일치 항목 작성 구분을 제시한다.

BIM 견적모델 부재에 대한 작성은 해당 BIM 모델링 작성 기능을 이용하여 작성함을 원칙으로 하며, 그 범위는 Table 6 과 같다.

Table 6 Components of BIM-based estimation modeling

Component	Property	Component	Property	
Foundation	Mat foundation	Beam	Beam	
	Pit		Lintel beam	
	Slab on grade	Wall	Basement wall	
Single footing	Single footing		Inside wall	
	Continuous footing		Continuous footing	Parapet wall
Slab			Slab	Walls with steps
			Deck slab	Collecting well
Column	Parking ramp	Opening	Door & Window	
	Column		Trench	

BIM 견적모델의 일반적인 파일은 지하(지하주차장 및 지하 주동부)와 지상(각 주동의 1층 수직재 이상)으로 구성되며, 지하 주차장 층고는 건축도면 내 대지 중·횡단면을 기준으로, 주동 층고는 주단면도를 기준으로 작성한다.

단차부위의 작성은 잡상세도를 기준으로 작성하되, 상세도가 없는 경우 건축도면 내 단면도를 작성 기준으로 하며, 도면이 없을 시 설계사의 답변 회신 후 작성하는 것을 원칙으로 한다.

모델링 작성 중 발견된 도면의 오류사항 및 질의사항은 층별 콘크리트 강도가 구조 일반사항과 일람표 상 강도가 상이한 경우 등 도면에 표기하지 못하는 검토사항은 일반사항으로, 배근 일람표의 오류사항 등은 단면오류 사항으로, 일람도면과 구조 평면도 크기 불일치, 구조평면도 부재명 누락, 평면도와 단면도 간 정보 불일치 등은 평면오류 사항으로 구분하여 작성한다.

4.2 콘크리트 및 거푸집 견적모델 작성

콘크리트 및 거푸집 견적모델 작성은 기본적으로 작성된 구조 객체(설계도서 및 설계모델)를 기반으로 작성하는 것을 원칙으로 한다. 콘크리트의 속성은 설계도서 및 부재 일람표에서 정의된 재료강도를 구조객체 속성으로 가지고 있는 경우 별도 모델을 작성하지 않으며, 거푸집 속성은 견적지침에 따라 구조 객체에 정의된 면(Face)에 대해 거푸집 규격 별(알폼, 합판3회, 갱폼 등) 속성을 부여할 수 있어야 한다.

견적모델의 속성은 각 부재 구조객체 자체에 부여된 속성값(길이, 폭, 두께, 높이, 면적 등)인 객체속성과 해당 부재의 수량산출 및 견적을 위해 타 부재와의 연계를 통해 산출해야 하는 속성값(공제두께·면적·부피, 둘레길이 등)인 모델속성으로 구분한다(Table 7).

Table 7 Object property & Model property

Component	Object property	Model property
Single foot	Short length(L1)	Subtracting area(ACA) Subtracting volume(ACV)
	Long length(L2)	
	Thickness(T)	
Continuous foot	Wide(W)	ACA, ACV, Outside length(L1) Inside length(L2)
	Thickness(T)	
Mat	Area(A) Thickness(T)	ACA, Perimeter(OL)
Column	Height(H), W, Depth(D)	Subtracting thickness of slab(ST)/Beam(BT)
Beam	W, D	ACA, ST, Pure length(L: LL, RL)
Wall	W, H	L, ST, BT, Opening length(OL)/Area(OA)
Slab	A, T	ACA, ACV
Stairs	W, Landing(T), Thickness(t), Slope length(l)	

이는 기존 견적 방식에서 작업자의 판단에 의해 결정되는 산출변수를 모델속성으로 정의함으로써 콘크리트와 거푸집 수량산출의 정확성을 향상시키기 위함이다.

콘크리트 및 거푸집의 물량은 견적모델을 작성한 각 BIM 도구에서 정의한 수량산출 계산식에 따라 산출하며, 콘크리트는 체적, 거푸집은 면적으로 산출한다. 이때, 콘크리트 및 거푸집의 모델링 및 견적은 기초(독립기초, 줄기초, 온통기초), 기둥, 보, 벽체, 슬래브 등의 부재 단위로 수행한다.

4.3 철근객체 견적모델 작성

BIM기반 견적은 실제 시공단계를 반영하여 시공물량과 견적물량의 오차를 최소화하는 것을 목적으로 한다. 따라서

견적모델은 기 작성된 구조객체를 기반으로, 각 BIM도구에서 지정하는 객체를 활용하여 철근객체를 모델링해야 한다.

철근객체는 배근설계정보(강종, 직경, 개수 및 간격 등)에 따라 배근형상, 배근길이, 배근구간(영역)을 결정하여 모델을 작성하며, 배근형상/길이/구간에 대한 결정은 부재별 배근상세를 반영해야 한다. 또한, 철근객체는 부재의 치수, 이음길이/위치, 정착길이/위치, 현장 시공성 등을 고려하여 각각의 철근에 대해 직경, 길이, 간격, 배근위치 등을 상세히 표현해야 하고, 모델링된 철근객체는 조립·시공에 참고가 될 수 있는 배근상황을 시각적으로 지원함으로써 실제 시공 및 확인·검토가 용이하도록 해야 한다.

본 연구를 통해 수립하는 가이드라인은 배근상세의 표준화 및 통일성을 위해 설계도면, KBC 2009에 의한 구조공동도(LH, 2016), 건축구조설계지침(LH, 2010), 철근 배근 가이드라인 작성을 통한 배근시공도 작성 기준 연구(LHI, 2017)에 의거하여 정확한 물량 산출이 되도록 모델링하는 것을 원칙으로 제시하며, 전술한 지침 및 기준에서 다루지 않는 배근상세는 원설계자의 확인을 거친 후 모델링을 실시한다. 또한 철근객체에 적용되는 속성은 전 부재에 공통적으로 적용되는 공통속성(이음 및 정착길이, 피복두께, 보정길이, 주문길이)과 각 부재별 배근상세에 따라 결정되는 템플릿 속성에 따라 모델을 작성한다.

철근 수량은 도면에 준하여 각 부재별(기초, 기둥, 벽체, 보, 슬래브, 계단 등)로 층별로 구분하여 소요 철근 규격별로 이음,

정착상세를 반영한 철근 객체를 모델링하여 산출하며, 각 부재별-철근부위별 Bar Schedule*에 근거해 산출된 각 철근객체의 길이에 단위중량을 곱한 물량을 층별-부재별-규격별로 산출·집계하여 EXCEL 파일 형식으로 제출해야 한다. 이때, 철근형상 기호**는 형상그림이나 대표기호로 표기할 수 있으며, 대표기호로 표기 시 기호별 형상그림 리스트를 제출하여 감독관으로부터 사전 승인을 받아야 한다.

* 공장가공에 활용할 정보로 부재별 기호, 철근의 가공형상 및 치수를 표기한 것

** 철근의 구부림 개수 및 방향 등에 따라 정의되는 형상기호

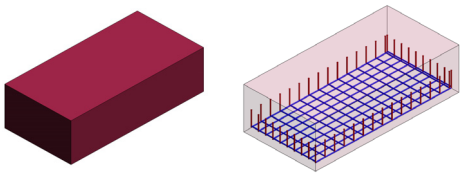

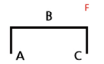
5. 테스트 모델 작성

콘크리트, 거푸집, 철근객체의 BIM 견적모델 작성을 완성하면, 가이드라인의 요구조건(객체속성, 배근상세 등)에 맞게 모델이 작성되고, 수량산출 결과가 도출되는지에 대한 검토 및 평가를 목적으로 부재별 테스트 모델 상세에 따라 테스트 모델을 작성한다.

작성된 테스트 모델의 수량산출 결과는 별도의 엑셀파일로 출력력이 가능해야 하며, 각 테스트 모델의 가이드라인 요구조건에 따라 산출된 물량값이 상이한 경우에는 그 원인에 대한 분석을 별도로 실시해야 한다.

감독관, 발주자, 후속 작업 수행자는 산출된 수량산출결과 및 분석자료를 검토하고, 검토 결과를 토대로 해당 수행업체에

Table 8 Test model for BIM-based quantity takeoff(continuous footing)

Code	Compo.	Property		Model										
WF-01	Contin-uou us footing	Object properties	Component code : WF1 Compressive strength : 25-C24-8 Short length : 1500 Thickness : 900											
		Model properties	Subslab concrete thickness : 80 Subslab offset : 100 Length : 3000											
		Rebar detail	Short side detail : D19@200 Long side detail : D19@150											
Results of Quantity Takeoff														
Work lv.1	Code	Work lv.2	Spec.	Calculating formula		Result								
Concrete	WF1	Conc'	25-C24-8	1.5(B)×0.9(H)×3(L')		4.05								
		Subslab	25-C18-15	0.08(H)×(5.44(A))		0.435								
Form	WF1	Form(1)	Plywood*3	0.9(H)×(3(LL)+3(RL))		5.4								
		Form(2)	Plywood*3	0.9(H)×1.5(B)×2		2.7								
Rebar														
Bar shape	Bar code	Type	Length	Count	Length parameters			Angle		Total length	Total weight			
	T1_06	HD19	3460	10	A	B	C	D	E	F	R1	R2	34.60	0.078
	T1_06	HD19	1960	16	A	B	C	D	E	F	R1	R2	31.36	0.071

수량산출 결과를 수정 요청할 수 있다.

Table 8은 BIM기반 단일줄기초 테스트 모델의 예시이다. 견적모델 작성자는 단일줄기초의 콘크리트, 거푸집, 철근객체 모델을 가이드라인에 따라 작성한 후 테스트 모델의 속성값에 따라 모델링한 결과가 테스트 모델 예시의 산출 결과와 똑같이 산출·출력되는지 검토하고 검토결과를 감독관, 후속 작업자 등에게 전달할 수 있다.

6. BIM기반 견적 성과물 목록 및 양식

6.1 BIM 견적모델 검토

정확한 BIM기반 수량산출 및 견적을 위해서는 설계도서가 제대로 작성되었는지, 작성된 BIM 견적모델이 설계도서에 따라 작성되었는지 검토해야 한다. 또한 BIM 모델은 건축물 전 생애주기에 활용이 가능한 디지털 모델로서, 설계-시공-유지 관리 등 건설사업 각 단계 간 원활한 BIM 모델 인계를 위해 모델의 완성도에 대한 지속적인 관리가 필요하다.

이를 위해 견적모델 작성자는 해당 모델에 대한 체크리스트를 작성하여 모델과 함께 인계해야 하며, 모델을 인계받은 사업 참여자는 BIM 저작도구를 통해 해당 내용에 대해 쉽게 확인·검토할 수 있어야 한다. BIM 견적모델 체크리스트는 프로젝트 개요, 재료 정보, 층고 정보, 일람 정보, 모델링 정보, 수량산출 및 견적 정보 등으로 구성되어야 하며, BIM기반 수량산출 및 견적 가이드라인에서 서술하는 BIM기반 견적 업무 프로세스 및 모델링 기준·지침에 대한 준수 여부를 검토할 수 있는 내용으로 구성되어야 한다.

견적모델 작성자는 모델 작성단계에서 발견한 설계도서 간의 오류 사항 및 불일치 사항에 대하여 별도의 도면검토보고서를 작성하여 원설계자와 감독자에게 인계해야 한다. 도면검토 보고서는 모델파일명파 도면번호, 작성자 및 작성일, 설계도서명, 설계자, 검토항목, 관련 부위를 마킹한 설계도서 및 견적모델 그림, 검토의견, 설계자/감독자 의견 등으로 구성되어야 한다.

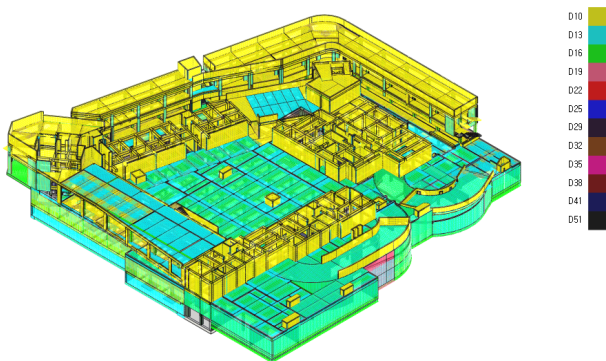


Fig. 3 3D view by rebar type

또한 BIM 견적모델 검토를 위해서는 설계도서와 견적모델 간의 정보 일치여부에 대한 확인이 이루어져야 한다. 이를 위해 구조객체 모델링 시 일람표에서 정의하고 있는 부재명에 따라 모델을 작성하며, 견적모델 저작도구는 설계된 부재 정보의 정확성 검토 및 설계도서와 모델 간의 정합성 검토를 위해 설계 정보에 따른 평면 및 3차원 View를 제공해야 하며(Fig. 3), 모델에 입력된 일람정보를 구조객체별로 출력할 수 있어야 한다.

6.2 수량산출서 및 산출내역서

수량산출서 및 산출내역서는 수량산출에 대한 근거 및 검토 자료로 활용되는 데이터로 참여자 간 의사소통 및 검토를 위해 작성 방식에 대한 일정한 약속 및 양식을 갖추어야 한다. 기존 견적 방식에서 사용하는 수량산출서 및 내역서는 주로 콘크리트, 거푸집, 철근에 대해 부재 단위로 그 수량산출 근거를 작성하며, 기존 수량산출서 및 내역서 양식을 BIM기반 견적 방식에서도 적용할 수 있다.

기존 견적방식의 수량산출서는 대체로 총괄분석표, 분석표, 층별총집계표, 부재-층별 집계표, 부재별 산출서, 기타 산출서 등으로 구성되며, 이 중 산출근거가 되는 부재별 산출서를 본 연구에서는 콘크리트와 거푸집의 산출근거가 되는 부재별 산출서와 철근의 산출근거가 되는 수직/수평부재 철근 수량산출서로 구분하여 구성한다. BIM기반 철근 수량산출 시 연속되는 부재(보, 슬래브)에 배근되는 철근객체는 해당 부재에 종속되지 않기 때문에 기존의 부재 단위의 산출 근거 작성이

SD400 철근집계표 (1/1) (2017년 6월 13일)

번호	철근형상	규격	길이(mm)	수량(개)	총길이(M)	총중량(TON)	비고
1		HD 13	5000	12	60.00	0.060	
2		HD 13	600	12	7.20	0.007	
소계					67.20	0.067	
총계					67.20	0.067	

Fig. 4 A case of bar schedule

Table 9 A case of BIM-based rebar QTO report

Fl.	Mark	Name	Spec.	Length	# of	Shape	Para.
3	G1G3	Top	SHD22	3800	6		A 3800
3	G1G3	Main	SHD22	6000	16		A 5640 B 360
3	G1G3	Stirrup (end)	HD10	1120	4		A 90 B 120 C 700 D 120 E 90 R1 135 R2 135
3	G1G3	Stirrup (center)	HD10	2080	3		A 90 B 600 C 700 D 600 E 90 R1 135 R2 135

불가능하여 철근 수량산출서에 대한 별도의 양식을 참여자 간에 규정해야 할 필요가 있기 때문이다.

BIM기반 철근 수량산출서는 철근 배근시공도에서 작성하는 철근 집계표를 기반으로 작성하며, 층, 부호(배근 시작 부재명과 배근 마지막 부재명을 표기), 철근부위 명칭, 규격, 길이, 수량, 철근형상, 길이변수로 구성하여 각 항목에 해당 내용을 작성·표기한다. Fig. 4와 Table 9는 각각 철근집계표와 BIM기반 철근 수량산출서의 예시를 나타낸다.

7. 결론 및 고찰

본 연구는 기존 지침 및 가이드라인의 BIM 견적모델 범위 및 모델링 방식을 고찰하고, 철근콘크리트공사 수량산출 및 견적 지침·기준을 분석하며, 설계도서 기반 견적 방식 및 BIM기반 견적 방식에 대해 비교분석 함으로써, 2차원 설계도서 기반에서 3차원 BIM기반의 환경으로의 기술전환기에 BIM 도입 효과를 극대화할 수 있는 현장 적용성 확보에 중점을 둔 콘크리트/거푸집/철근공사의 BIM 견적모델 작성과 BIM기반 견적 업무 프로세스를 표준화한 가이드라인을 제시하였다.

본 연구를 통해 수립한 BIM기반 수량산출 및 견적 가이드라인은 다음과 같은 내용을 포함한다.

- (1) BIM기반 견적 업무의 표준 프로세스는 설계도서 검토 단계, BIM 모델 구축 단계, 모델 검토 단계, 수량 산출 및 견적 단계로 이루어진다.
- (2) BIM 견적모델 부재에 대한 작성은 해당 BIM 모델링 작성도구를 이용하며, 견적모델의 일반적인 파일은 지하주차장 및 지하 주동부를 포함하는 지하부와 각 주동의

1층 수직재 이상 부위인 지상부 파일로 구성한다.

- (3) 콘크리트 및 거푸집 견적모델 작성은 구조객체를 기반으로 하며, 견적모델의 속성은 구조객체 자체에 부여된 속성값인 객체속성과 해당 부재의 견적을 위해 타 부재와의 연계를 통해 산출하는 속성값인 모델속성으로 구분한다. 콘크리트 및 거푸집 물량은 해당 BIM 도구에서 정의한 수량산출식에 따라 부재 단위로 수행한다.
- (4) 철근 견적모델 작성은 해당 BIM도구로 배근설계정보에 따라 부재별 배근상세를 반영하고, 배근형상/길이/구간을 결정하여 철근객체를 모델링한다. 철근객체는 시공단계를 고려하여 상세히 모델링되어야 하며, 모델링된 철근객체는 시각화를 통해 조립·시공을 지원할 수 있어야 한다. 철근의 물량은 층별·부위별 Bar Schedule에 근거해 소요철근 규격별로 이음, 정착상세를 반영하여 산출·집계한다.
- (5) BIM 견적모델 작성이 완료되면, 가이드라인의 요구조건에 맞게 모델이 작성되고, 수량산출 결과가 도출되는지에 대한 검토와 평가를 위해 부재별 테스트 모델 상세에 따라 테스트 모델을 작성하고 그 결과 및 분석 자료를 감독관, 후속 작업자 등에게 전달한다.
- (6) 철근콘크리트공사 BIM기반 수량산출 및 견적 업무의 성과물 목록 : BIM 견적모델, BIM 견적모델 체크리스트, 도면검토보고서, BIM 구조객체 부재별 일람정보표, 수량산출서 및 산출내역서, 철근배근시공도, 철근 집계표, 철근 수량산출서

본 연구를 통해 작성된 BIM 견적 가이드라인은 (1) BIM 견적모델링, 업무 프로세스 및 성과물 제출 기준 등을 구체적으로 제시하여 관련 업무를 표준화함으로써, BIM기반의 새로운 기술환경 적용에 어려움을 겪고 있는 중소 설계/견적 업체들의 진입장벽을 낮추고, (2) 시공물량과 견적물량의 오차를 최소화, 설계 변경 대응 신속화, 정밀 수량산출을 통해 견적의 정확성을 극대화하고 원가절감을 실현하고, (3) BIM 견적 업무 프로세스 정립으로 BIM 업무생산성 향상 및 건설공사비 관리체계 구축을 통해 건설산업의 생산성과 부가가치를 증대시키며, (4) 추후 현장적용 결과분석을 통해 가이드라인을 지속적으로 보완하고 건축마감·MEP까지 대상 공종 범위를 확대함으로써, 궁극적으로 건설사업 전 생애주기에서 생성되는 정보를 통합 관리할 수 있는 기반을 구축하고, 건설산업의 4차 산업혁명을 주도하는 BIM 생태계를 조성하는데 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비 지원(과

제번호 : 16AUDP-B106327-03)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Architectural Institute of Korea** (2016) BIM Guideline for Architectural Design Drawings, AIK-G-001-2016, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, p.137.
- Building Smart Korea** (2010) *BIM Implementation Guidelines*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, p.144.
- Harvey, M.B.** (2014) *SmartMarket Report The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors around the World are Driving Innovation with Building Information Modeling*, McGraw Hill Construction, Bedford MA, p.60.
- Harvey, M.B., Stephen, A. J.** (2015) *Smart Market Report The Business Value of BIM in China*, Dodge Data & Analytics, Bedford MA, p.56.
- Kim, S.A., Yoon, S.W., Chin, S.Y., Kim, T.Y.** (2009) A Development of Automated Modeling System for Apartment Interior to Improve Productivity of BIM-based Quantity Take-Off, *Archi. Inst. Korea*, 25(9), pp.133~143.
- Kim, S.A., Park, K., Song, B.S., Choi, C.H., Chin, S.Y.** (2016) A Study on Setting Up Work Conditions for Improving Productivity of BIM-based Cost Estimation, *J. Constr. Eng. & Manag.*, 17(1), pp.56~65.
- Kim, S.Y., Ahn, C.Y., Choi, B.M.** (2016) A Study on the Revision of Extra Rate of Bar Splice for Housing Construction, Research Support 2016-30, Land & Housing Institute, DaeJeon, p.168.
- Kim, S.Y., Lee, B.S., Jeong, D.Y., Noh, J.O., Choi, B.M.** (2017) A Study on the Draw up Standard of Placing Drawing through the Setting up a Guideline for Bar Reinforcement, Research Support 2017-00, Land & Housing Institute, DaeJeon, p.227.
- Korea Land & Housing Corporation** (2010) *Architecture Structural Design Standard*, Korea Land & Housing Corporation, Korea, p.243.
- Korea Land & Housing Corporation** (2016) *Common Drawings for Structural Design based on KBC-2009*, Korea Land & Housing Corporation, Korea, p.10.
- Korea Land & Housing Corporation** (2016) *Guidelines for Construction Cost Estimation*, Korea Land & Housing Corporation, Korea, p.204.
- Lee, G., Lee, J.W.** (2012) *SmartMarket Report The Business Value of BIM in South Korea: How Building Information Modeling Is Driving Positive Change in the South Korean Construction Industry*, McGraw Hill Construction, Bedford MA, p.57.
- Lee, H.S.** (2014) An Improvement of the Quantity Take-off Process for Reducing Errors During Detailed Design Development of Building Projects, Master's Thesis, Jung-Ang University, p.60.
- Lee, J.E., Yang, D.S., Bin, T.B., Jang, I.K., Choi, J.Y., Kim, J.M.** (2015) BIM Implementation Strategies for LH Projects, Research Support 2015-78, Land & Housing Institute, DaeJeon, p.199.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport** (2010) *KBC-2009 Architecture Structural Design Standard*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, p.769.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport** (2016) *KBC-2016 Architecture Structural Design Standard*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, p.528.
- Public Procurement Service** (2016) *BIM Implementation Guidelines for Facility Project v1.31*, Public Procurement Service, Korea, p.200.
- Seoul Housing & Communities Corporation** (2016) *2016 Construction Cost Estimation Standard*, Seoul Housing & Communities Corporation, Seoul, p.201.

요 지

본 연구는 BIM 도입 효과를 극대화할 수 있는 현장 적용성 확보에 중점을 둔 철근콘크리트 골조공사의 BIM 견적모델 작성과 BIM기반 견적 업무 프로세스를 표준화한 가이드라인을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 기존 지침 및 가이드라인의 BIM 견적모델 작성 범위 및 방식을 고찰하고, 철근콘크리트공사 수량산출·견적 지침 및 기준을 분석하며, 기존 견적 방식과 BIM기반 견적 방식에 대해 비교분석한다. 이를 통하여 BIM기반 견적 업무의 표준 프로세스를 수립하고, 콘크리트/거푸집/철근 견적모델의 작성 및 수량산출 기준을 도출하며, 철근콘크리트공사 BIM기반 수량산출 및 견적 업무의 성과물 목록 및 양식을 제시한다. 본 연구를 통해 작성된 BIM 견적 가이드라인은 BIM기반의 새로운 기술환경에 대한 진입장벽을 낮추고, 견적의 정확성 극대화를 통한 원가절감을 실현하며, BIM 업무와 건설산업의 생산성과 부가가치를 증대시켜, 궁극적으로 건설사업 전 생애주기에서 생산되는 정보를 통합 관리할 수 있는 기반을 구축하고 BIM 생태계를 조성하는데 기여할 것으로 기대한다.

핵심용어 : Cost-BIM, BIM기반 수량산출, BIM기반 견적, BIM, 철근콘크리트 공사