

BIM모델 속성정보를 활용한 상세설계단계에서의 철근 수량산출 자동화 방안

- 기둥 철근 수량산출 중심으로 -

Automation of Rebar Quantity Estimation in the Detailed Design Stage Using BIM Model Properties

- Focused on the Calculation of Column Reinforcement Quantity -

이하늘¹⁾, 윤석현²⁾

Lee, Ha-Neul¹⁾ · Yun, Seok-Heon²⁾

Received August 21, 2024; Received August 28, 2024 / Accepted August 29, 2024

ABSTRACT: This study aims to simplify the rebar quantity estimation process during the detailed design stage of buildings by addressing identified issues in the existing rebar quantity estimation process and establishing a BIM-based simplification method. To validate the applicability of the proposed method, it was applied to a case study of 'K' High School, with the results compared to rebar quantities from shop drawings to assess usability in real projects. It showed an error rate of 1.4% for SHD22S and 2.63% for HD10 among the types of rebar used in the case model. SHD22S, used as the main rebar in the columns, exhibited this error due to differences in the calculation method for splice and anchorage lengths. HD10, used as stirrup rebar in the columns, showed errors due to the omission of hook length considerations in the simplified estimation formula. Although these discrepancies resulted in cumulative errors of 10 to 20 meters, the error rates of 1.4% and 2.63% respectively fall within the generally accepted rebar overage rate of 5%, suggesting that this method is sufficiently accurate for quantity estimation during the detailed design stage. This study presents a method for efficiently estimating rebar quantities based on BIM during the detailed design stage. While traditional 2D quantity estimation and BIM-based methods often suffer from inefficiencies due to repetitive tasks and high modeling complexity, the proposed method assumes BIM models at LOD200, which are less complex and automate most of the structural information required for rebar quantity estimation, thereby reducing repetitive tasks. However, to further minimize errors, especially those related to hook and anchorage length calculations, additional research is needed to refine the estimation process and expand its applicability to the entire building's rebar quantity estimation.

KEYWORDS: Rebar, BIM, Quantity Estimation, Detailed Design

키워드: 철근, 건물정보모델, 물량산출, 상세설계

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

철근 공사는 공사기간과 공사비 측면에 있어서 매우 중요한 공사로 분류된다. 그럼에도 불구하고, 기존 건설현장의 관행을 따르는 경향이 있다. 철근 공사에 있어서 노동집약적 특성과 과거의 관리방식은 철근 자재의 손실에 의한 원가의 상승, 관리 방식의 부실에 의한 품질 및 생산성 저하 등과 같은 문제를 발생시킨다(Seong, 2012). 그렇기에 공사기간과 공사비에 많은 영

향을 미치는 만큼 철근의 물량에 관하여 정확하게 산출하기 위한 노력이 이어지고 있다. 기존에 철근물량을 산출하기 위해 사용하던 방법은 2D기법 철근 물량산출로, 이는 건축단면도, 구조상세도, 후속공정과의 연관성을 고려하여 물량을 산출하는 과정이다. 이 과정의 경우, 많은 시간이 소요되며, 인접부재와의 연관성 및 접합관계를 수작업에 의존하여 검토함에 따른 오류 발생 등 작업자의 경험과 이해력에 의존하기 때문에 철근 물량 결과에 많은 영향을 미치게 된다(Seo, 2014). 이러한 이유로 대부분의 물량산출작업은 외부용역에 의해 이루어지고, 건설회사

¹⁾학생회원, 경상국립대학교 건축공학과 석사과정 (gksmf@gnu.ac.kr)

²⁾정회원, 경상국립대학교 건축공학과 교수 (gyun@gnu.ac.kr) (교신저자)

는 이를 검증하기 위한 인력을 추가투입하지 않으므로 산출된 물량에 대한 정미량 여부를 검증하기는 어렵다(Kim et al., 2023).

최근 이러한 문제점을 해결하기 위해 국제적으로도 관심이 급증하는 추세인 BIM을 도입하고자 노력하고 있다. 건설사업 BIM적용확대 및 활성화를 위해 정부를 중심으로 지침 및 가이드라인을 수립, 배포하고 시범사업을 수행해왔다(Joo et al., 2017). 이 흐름에 따라 많은 기술자들이 상용 BIM 소프트웨어에 Application Programming Interface(이하 API)를 이용하여 철근 모델링 작업의 생산성을 향상시키고자 하였지만, 실용화를 위해서는 해결해야 할 문제들이 여전히 많은 상황이다. 결과적으로 BIM기반 철근 물량 산출 프로세스는 BIM기술의 확산에도 불구하고 철근 물량 산출 자동화는 미흡한 상황이다(Song et al., 2016). 그 원인으로는 여러 가지가 있으며, 그 중 가장 대표적인 원인으로는 BIM을 이용해 철근을 모델링 한 후 물량을 산출하는 방식은 실행가능성과는 별개로 효율성이 낮다는 것이다(Lee, 2019). 실제로, 상세설계단계에서 구조체의 철근 모델링 과정은 대부분 반복적인 수작업을 통해 이루어지기 때문에 생산성이 매우 낮은 실정이다(Eom et al., 2014).

이를 개선하기 위해 본 연구에서는 기존의 철근물량산출 과정에 대한 문제점을 파악하고, 이를 기반으로 문제점을 개선함과 동시에 상세설계단계에서 철근물량산출을 지원하기 위한 자동화된 철근물량산출방법을 제시하고자 한다. 그리고, 간소화된 철근물량산출 방법을 사례모델의 기동철근수량산출에 적용하여 철근 샵드로잉 물량과 비교한 결과물을 바탕으로 실제 건축프로젝트에 대한 적용성을 검증하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건축물의 설계단계 중 상세설계단계에서의 철근 물량산출을 목표로 진행된다. 적용성 검증을 위한 사례모델 적용단계에서 전체 구조요소 중 보, 슬래브, 벽 철근 물량산출은 연구범위에서 제외하고, 가장 기본적인 구조요소인 기동에 대한 물량산출을 연구범위로 제한하고자 한다. 그리고, BIM 구조요소에 대한 자동화 기술의 구현을 위하여, Revit API를 활용하여 물량을 산출하고자 하였다.

본 연구에서 기존의 철근물량산출에 대한 문제점을 제시하고, 이를 해결하기 위해 문제점을 개선한 철근의 물량산출방법을 제안하고, 이를 검증하기 위해 사례모델에 적용하고자 한다. 이에 대한 연구흐름도는 Figure 1과 같으며, 구체적인 연구방법은 다음과 같다.

첫째, 선행연구에 대한 고찰을 통해 기존 2D 및 BIM기반 철근 물량산출과정에 대해 정립하고, 이에 대한 문제점을 파악한다.

둘째, 기존의 철근물량산출과정에 대해 파악한 문제점을 기반으로 개선된 간소화 기동철근의 물량산출방법을 제시한다.

제시하는 과정에서 기존의 철근의 물량산출방법을 기반으로 자동물량산출을 위한 기동정보를 목록화하고, 목록화된 정보를 철근배근일람표와 BIM과 대조하여 추출가능여부를 확인한다. 가능여부에 따라 기존의 철근적산식을 변형하여, 간소화된 철근물량산출방법을 제시한다. 단, BIM의 세부수준은 LOD200으로 요소의 기본적인 형상과 주요치수는 포함하지만, 철근은 포함되지 않은 상세수준을 전제로 한다.

셋째, 정립된 기동철근물량산출 방법을 사례모델에 적용하여 철근물량산출방법에 대한 효율성을 평가한다. 평가를 위한 지표로 사례모델의 샵드로잉 물량을 기준으로 비교하여 발생한 오차율을 도출하고, 정확성과 효율성을 고려하여 철근물량산출에 대한 적용성을 평가한다.

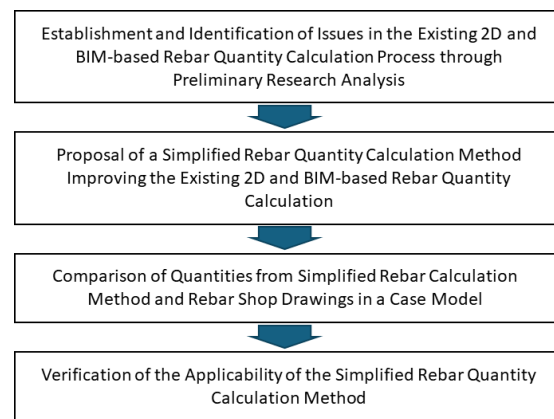


Figure 1. Research flow

2. 선행연구 및 사례

철근물량산출에 대한 연구는 국내 뿐만 아니라 국외에서도 이루어지고 있다. 기존의 2D기반 철근물량산출을 개선하기 위해서 BIM을 도입한 연구도 활발하게 진행되는 추세이다.

Kusumaningroem and Gondokusumo (2023)는 건축 정보 모델링을 적용하여 콘크리트와 철근의 수량 산출 시스템인 QTO (Quantity Take-Off)를 개발하였다. 기존의 물량산출 방법에 비해, BIM을 적용한 콘크리트 및 철근의 물량을 산출 방법을 사용한 결과, 콘크리트의 경우 최대 49%, 철근의 경우 20% 시간 단축이 가능하고, 설계 변경 시의 콘크리트의 경우 90%, 철근의 경우 67%의 시간을 단축한다는 결과가 도출됐다. 그러나 이 연구에서는 산출하는 철근에 대한 정보와 형태를 알지 못한다는 한계점이 있다.

Porwal and Hewage (2011)는 BIM을 활용하여 철근콘크리트 구조물의 철근 낭비율을 최소화하기 위한 분석방법을 제안하였다. 이 연구에서는 철근 낭비를 최소화하기 위해 절단 낭비최소

화를 위한 기술과 BIM을 통합하는 모델을 제시하였다. 그 결과, 반복되는 구조요소와 직경이 큰 철근을 가진 복잡한 철근콘크리트 건축물의 건설프로젝트에 적합하며, 비용절감은 철근의 직경이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

Jang (2013)은 S-BIM 통합설계 프로세스의 기초객체의 자동 배근 시스템 개발을 위해 철근콘크리트 구조에서 철근을 대상으로 기존 S-BIM 상호 운영체계를 분석하였다. 그리고 구조해석 어플리케이션 상의 구조해석결과를 데이터베이스화 하여 S-BIM 프로세스에 연계하였으며, 이를 바탕으로 철근콘크리트 기초의 설계와 철근 자동배근 시스템을 개발하였다. 그러나, 철근콘크리트 구조의 A&D 어플리케이션 적용의 경우 구조 해석 및 설계 결과로 주 부재에 대한 결과만 도출되어 접합부를 고려한 구체적 형상정보를 기반으로 한 S-BIM 운영에 한계점이 있다.

Sherafat et al. (2022)는 건설 프로젝트 비용 산출에서 필수적인 요소인 물량 산출(QTO)의 정확성과 효율성을 높이기 위해, 자동화된 접근 방식을 제안하여 새로운 물량산출방식을 제시하였다. 해당 연구는 BIM 소프트웨어에서 물량산출 시, 철근 및 철강의 체적 및 중량 계산 오류 원인을 분석하고, 오류를 줄이기 위한 자동화된 방법을 제시하였으며, Navisworks 소프트웨어에서 모델을 추출하고 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)을 활용하여 물량 산출의 정확성과 자동화를 실행시켰다. 연구의 결과, Revit의 철강 프로파일 물량 산출 오차율은 6~9%, 철근의 단면적 계산시에 따른 물량 산출의 오차율은 6~9%로 도출되었으며, Navisworks 소프트웨어의 Tekla에서 생성된 모델의 물량 산출 기능의 성능은 부족하기 때문에, API를 통해 Revit에서 Navisworks로 모델을 전송할 때 발생하는 오류를 줄이고, 물량 산출의 정확도를 높여 개선이 가능하다는 결과를 도출하였다.

Kim et al. (2012)는 BIM 기반 건적 모델데이터 생성 시 모델링 방법에 따라 어떠한 물량 오차가 발생하며, 그 오차는 IFC의 데이터 교환시 어떠한 오류를 발생시키는지, 테스트를 통해 BIM 기반 건적에 따른 올바른 모델링 방법을 제시하였다. 해당 연구는 공종별 공사비 구성에서 약 30~40%를 차지하는 골조 공사 중 라멘구조, 벽식구조, 무량판구조의 모델을 구축하여 진행하였으며, 각 모델의 구성요소는 기둥, 벽, 보, 거더, 슬라브로 구성하고, BIM Tool을 A, B로 나누어 모델링을 진행하였다. 이 연구를 통해, BIM 모델을 생성하는데 있어서 소프트웨어별 종류에 따른 모델링 방법 및 데이터 교환 등 여러 가지 경우에 따라 약 3~11% 정도의 물량오차가 발생했으며, 따라서 모델 작성 시 각 소프트웨어마다의 모델링 가이드를 통해 유의사항들을 확인하는 것이 필요하다는 결과를 도출하였다.

Ergen and Bettemir (2022)는 Python 프로그래밍 언어를 사용하여 BIM 소프트웨어를 개발하였으며, 개발한 BIM 소프트웨

어를 통해 구조물의 물량산출과 3D 시각화 기능을 구현하였다. 해당 연구에서 개발된 소프트웨어는 2D 도면 작성, 3D 시각화, 구조 요소들의 교차 및 상호작용을 통해 콘크리트와 거푸집의 물량산출을 수행할 수 있으며, SQLite 라이브러리와 Ursina 엔진을 활용하여 데이터베이스 관리와 구조물의 3D 좌표를 계산하여 시각화 및 구조물의 속성과 치수 관리가 가능하였다. 해당 연구 결과, 개발된 BIM 소프트웨어는 구조물의 교차점 및 공백을 정확하게 계산하여 거푸집과 콘크리트의 물량산출에서 높은 정확성을 보였으며, 2개의 상용 소프트웨어와 비교한 결과, 개발된 BIM 소프트웨어는 미세한 오차 범위 내에서보다 정확한 결과를 제공하였다. 또한, 본 소프트웨어는 복잡한 형상의 구조물에도 적용 가능하며, 특히 건축가와 엔지니어가 사전에 설계 오류를 식별하는 데 유용한 3D 시각화 기능을 제공하였다.

Cha et al. (2014)는 BIM을 이용한 물량산출 결과에 신뢰성을 확보하기 위해, BIM 공간객체를 이용한 물량산출의 정확성을 분석하였다. 연구에서는 마감물량산출로, 기존 직육면체 공간의 마감재 물량산출 방식인 2D 도면 기반의 물량과 BIM 공간객체 물량을 비교 분석하여 정확도를 평가하였다. 평가 결과 1차 물량산출 오차율은 평균 0.05%~24.57%, 1차 오차율을 바탕으로 한 보정방안을 적용한 2차 물량산출 오차율은 평균 0.05%~7.13%까지로, 오차율 감소가 가능하였다. 이 연구를 통해, BIM 소프트웨어가 제공하는 공간객체의 특징과 물량정보를 명확하게 인지할 필요가 있으며, BIM 공간객체 물량의 정확성을 확보하기 위한 물량 보정방안을 마련할 필요가 있다. 또한, BIM 소프트웨어의 공간객체 기능의 개선을 통해, 연구에서 다루지 못한 다양한 공간 및 자재를 대상으로 한 물량산출 정확성 검증 및 보정 방안에 관한 후속 연구들이 진행될 필요가 있다.

Seo (2014)은 현 시공분야에서 철근공사의 3D 정보가 실무에서 적용되고 있는 두 가지 방법인 적산프로그램에 의한 산출물량과 Rebar Placing Drawing을 현장에 실제 투입하여 시공한 철근물량 데이터를 추출하여, 3차원 기법에 의한 물량을 비교 분석하고 3D 기법 자동 추출된 철근 물량을 선행연구 되어진 물량과 비교하여 타당성을 검증하였다.

Ugochukwu et al. (2020)는 다양한 크기의 보 부재에서 고강도 철근의 양과 무게에 따른 재료 비용과 산출되는 물량을 예측하는 회귀 모델을 개발하였다. 제한된 알고리즘에서 산출 결과 높은 결정계수(R²)가 0.82에서 0.92 사이로 나타났으며, 이는 예측 모델의 값이 실제 데이터 유사하다는 결과가 나타났다. 그러나 구조도면과 부재 상세도가 준비되지 않는 상황에서는 시간 절감의 효과가 감소되며, 사용자가 부재 산출식과 재료 비용에 대한 기본적인 지식을 가져 검토가 가능한 조건을 가져야 한다는 한계점이 있다.

Lee (2019)은 철근콘크리트 골조의 철근물량 산출업무를 대

상으로 Revit으로 기 생성된 BIM모델을 효과적으로 활용해 철근물량을 신속하고 효율적으로 산정하는 방안을 제시하였다. Revit모델의 매개변수를 활용해 산출한 철근 물량산출 결과의 보정을 위해 이음/정착 물량의 할증을 통한 주근물량 보정, 주근물량 및 스테럽/후프물량의 할증을 데이터를 활용한 보정방안을 제안하고, 사례 모델에 대한 BuilderHub 산출결과를 기준으로 산정한 할증률을 기초데이터로 제시하였다.

Jung et al. (2012)는 설계도면에 주어진 데이터와 철근 배근을 논리적으로 구성한 알고리즘을 이용해 배근 시공상세도를 작성하는 배근시공상세도 작성 시스템과 철근의 물량을 가공된 형태에 따라 자동으로 산출하는 자동물량산출시스템을 제시하였다. 이 연구에서 제안된 알고리즘은 CAD 기반의 DWG파일을 활용한 철근공사에 유연하게 대처할 수 있지만, Revit 기반의 BIM 설계에서는 물량산출의 한계점을 갖고 있으며, 3D 모델링 전제에서는 실현가능성이 다소 미흡하다고 판단된다. 또한 철근 자재의 손실을 최소화하고 철근공사 효율성 제고를 위한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

문헌고찰 결과, 현재 2D기반 철근 물량산출에 대한 문제점이 많으며, 이에 대한 개선을 위해 BIM을 도입한 연구가 진행되었다. 대부분의 연구가 철근 모델링을 전제로 물량산출 연구결과를 도출하였는데, 이는 철근 모델링의 경우 방대한 양의 모델링 시간이 소요되어 현실적으로 상세설계단계에서 철근 물량을 산출하기에는 힘든 실정이다. 즉, 기존의 2D 및 BIM기반 철근물량 산출에 대해 주요 문제점으로 분석되는 방대한 양의 모델링 시간과 반복적인 작업으로 인한 휴먼에러 발생가능성을 축소할 필요가 있다. 이를 개선하기 위해, 본 연구에서는 철근부재를 3D환경에서 직접 모델링하여 수량을 산출하기보다, 철근의 수량 산출에 필요한 기본적인 수치들은 구조체 모델에서 자동으로 수집하고, 그 외의 추가적인 정보들에 대하여 개산식을 적용하거나 구조설계도면에서 자동으로 추출하여 간소화된 철근물량산출방법을 제시하고, 이를 통해 철근물량산출에 대한 효율성을 높이고자 한다.

3. BIM 기반 철근 수량산출 간소화 방법

3.1 기존 철근 수량산출 방법

기존 철근물량산출은 2D 건축설계도서를 기반으로 산출한다. 2D기법 철근물량산출은 오래 전부터 사용하던 방법으로, 도면의 첨부내용을 전부 포함하였는지와 건축도면과 구조도면의 일치여부를 확인한 후 건축단면도와 구조상세도를 확인하고 후속공정과 연관성을 고려하여 물량을 산출한다(Seo, 2014). 기존의 철근물량산출과정은 Figure 2와 같다.

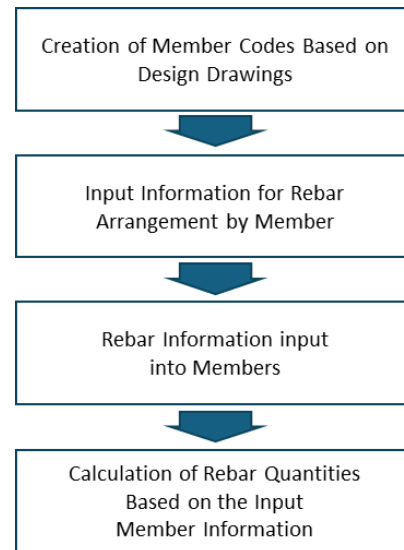
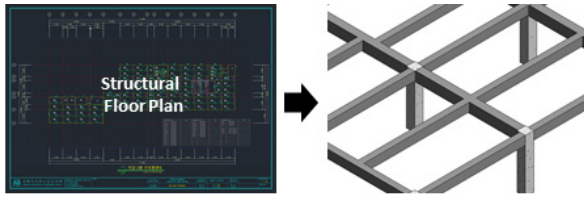


Figure 2. Existing rebar quantity estimation process

시스템을 통해 철근물량을 산출하기 위해서는 사전작업이 필요하다. 구조평면도와 구조부재의 철근배근 일람표 정보를 통해 프로그램에 부재 목록을 확보해야 한다. 수집된 부재항목별로 철근배근정보를 정리하고, 철근에 대한 강도는 설계도서에서 직접 추출하거나 직접 입력한다. 본 작업을 반복하여 생성되어 있는 모든 부재에 대한 구조체의 정보를 구성한다. 그리고 수집된 정보를 바탕으로 범위를 지정하여 수량을 산출한다. 그러나 이 방법의 경우 철근물량을 계산하는 방식이 수동적이고, 작업자의 경험도 능력에 따라 크게 오류나 생산성이 낮아질 가능성이 있으며, 특히 수시로 발생하는 설계변경사항을 즉시 반영하기는 물리적 한계가 있을 수 밖에 없다(Lee, 2019). 이러한 이유로 설계자는 물량산출 및 견적을 실시간으로 파악할 수 없으며(Yun et al., 2020), 설계의 변경작업이 수반되는 경우 시간과 인력의 추가투입으로 설계자 뿐만 아니라 물량산출하는 과정에도 부담이 되고 있다. 추가로 국내 견적업무는 2D도면을 바탕으로 수작업에 많이 의존하여 작업자의 실수, 담당자의 노하우에 따라 물량산출이 상이한 문제점과 정보의 부족으로 인한 물량산출이 불확실하다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 BIM을 도입하기 위한 시도가 이어지고 있다. 최근 실시설계단계에서 RC분야의 철근 수량산출을 위해 공공기관을 중심으로 BIM기반 수량산출을 목적으로 한 지침 및 가이드라인을 수립, 배포하고 시범사업을 수행해왔다. 이에 따른 기존 BIM기반 철근물량산출 과정은 다음과 같다.

Figure 3에서 보는 것처럼, 물량산출을 위해 구조설계도면을 바탕으로 BIM을 구축한다. 이때 위치정보 및 형상정보를 기입한다.



Definition of Floors, Modeling by separating layers based on the positions of columns, beams, slabs, and walls

➔ **Focusing on Location**

Figure 3. Building structural modeling

그리고, Figure 4에서 보는 것처럼 각 부재별 철근과 콘크리트에 관한 정보를 입력한다. 이에 관하여 모델링 시에 콘크리트와 관련된 정보를 지정 후 모델링하는 경우도 있다.

Rebar

- Number of Bars in X-Direction : **Direct Input**
- Number of Bars in Y-Direction : **Direct Input**
- Cover Thickness : **Direct Input**
- Spacing : **Direct Input**
- Type : **Manual Input**
- Strength : **Manual Input**
- Hook Length : **Manual Input**
- Rebar Angle : **Manual Input**

Concrete

- Length : **Direct Input**
- Dimension in X-Direction : **Direct Input**
- Dimension in Y-Direction : **Direct Input**

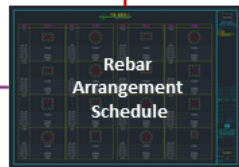


Figure 4. Input information for rebar arrangement by member

마지막으로, Figure 5에서 보는 것처럼, 각 구조부재의 부위에 맞춰 철근에 대한 정보에 따른 철근모델링을 진행한다. 최종적으로 모델링된 철근의 정보를 바탕으로 철근의 물량산출을 실행한다.

Member Designation Modeling Based on Rebar Input Information

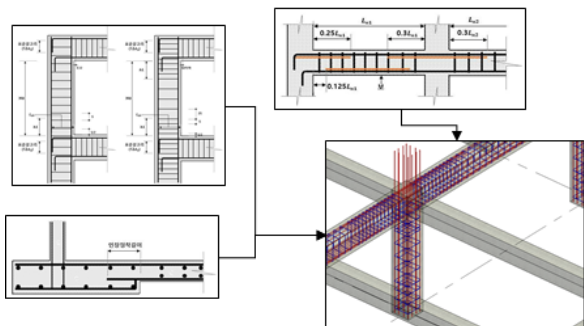


Figure 5. Rebar modeling

이러한 과정에서는 RC분야의 철근 수량산출을 위해 BIM의

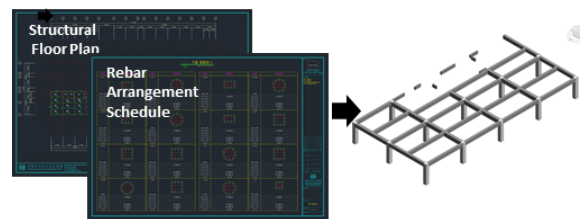
LOD를 높여 철근의 모델링을 전제로 하고 있다. 그렇기에 철근의 수량을 산출하기 위해서는 모델링 과정이 필수적으로 수반되어야 한다. 그러나 철근모델링은 대부분 반복적인 수작업을 통해 이루어지기 때문에 생산성이 매우 낮은 실정이다. 또한 이러한 과정을 거쳐 생산된 BIM은 입력오류 등 수작업에 의한 오류를 수반하기 때문에 결과모델에 대한 신뢰가 충족되지 못하게 되며, 제작 및 시공단계까지 모델 정보가 연계되지 못하는 문제가 발생하게 된다(Eom et al., 2014). 기존 견적은 물량산출, 내역작성, 물량 및 단가검토, 견적서 작성과 같이 4단계로 구분할 수 있는데, 기존 견적에 소요되는 시간 중에서 물량산출이 70%, 내역서 작성이 10%, 단가기입 및 검토가 20%의 작업시간을 차지하는 것으로 나타났다(Kim et al., 2016). 여기서 BIM을 도입할 경우, 작업시간 중 상대적으로 큰 비중을 차지하는 물량산출에 대한 정확도 상승효과는 기대할 수 있으나, 견적을 잘 알지 못하는 BIM초보자를 대상으로 BIM견적을 수행하는 경우 작업시간 절감효과를 기대하기 어려울 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 철근물량산출에 대한 문제점을 개선함과 동시에 상세설계단계에서 철근물량산출이 용이하도록 자동화된 철근물량산출방법을 제시하고자 한다.

3.2 간소화된 BIM기반 수량산출 방법

기존의 철근물량산출과정에 대한 문제점을 바탕으로 이를 개선함과 동시에 상세설계단계에서 철근물량산출이 용이하도록 간소화된 철근물량산출방법을 제시하였다. 연구에서 제시하고자 하는 방법은 다음과 같다.

먼저, Figure 6에서 보는 바와 같이 BIM기반 수량산출을 위해 구조부재별 치수를 반영하여 BIM을 구축한다. 구축 시 BIM의 상세수준은 요소의 기본적인 형상과 주요치수는 포함하지만, 철근은 포함하지 않은 상세수준인 LOD200을 전제로 한다.



Location and Dimension-Based Modeling of Columns, Beams, Slabs, and Walls Using Structural Plans and Schedule Information

Focusing on Location and Member Dimensions

Figure 6. Building structure modeling

철근 물량산출 방안에 대한 전체적인 구축을 위해 우선적으로 기존의 철근물량산출 적산식을 토대로 추출가능한 정보를

중심으로 식을 재정립하고, 식을 구성하는 구조정보 요소를 철근수량산출 필요정보로 정의한다. 철근수량산출 필요정보 중 자동으로 입력되는 정보는 Figure 7에서 보는 것과 같이 철근에 관한 정보로, 주근의 지름, 배근개수, 띠철근 지름, 배근간격 등이 있다. 이에 관한 정보는 철근배근일람표로부터 추출하여 단순하게 모델링된 BIM에 자동으로 정보를 입력한다.

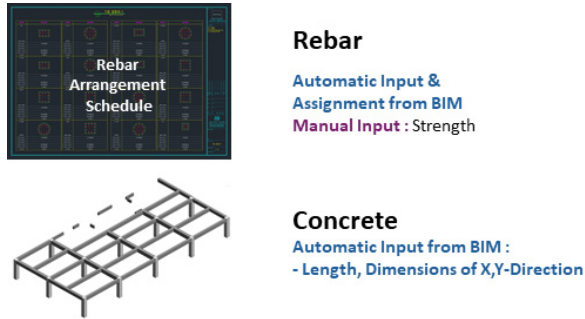


Figure 7. Input information for rebar arrangement by member

최종적으로, Figure 8에서 보는 것과 같이, 강도 및 위치정보(최상층, 최하층, 일반층 여부)는 제공된 항목 중 선택하여 입력한다. 철근배근일람표로부터 자동으로 추출하여 입력된 정보와 제시된 옵션을 통해 입력된 정보, 단순하게 구축된 BIM으로부터 추출된 정보를 조합하여 적산식에 적용하여 최종적인 철근의 물량을 산출한다.

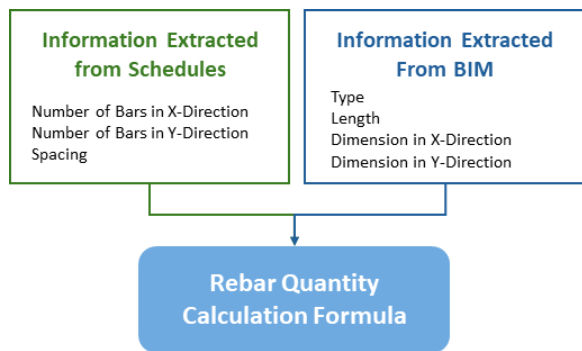


Figure 8. Rebar quantity calculation using combination of information

이러한 방법은 기존의 2D 및 BIM기반 철근물량산출과정에서 발생하는 가장 대표적인 문제점인 반복적인 작업으로부터 기인한 정확성 감소 및 작업시간 상승에 따른 효율성 저하 문제를 해결해 줄 수 있을 것으로 판단된다. 철근모델링 작업은 반복적인 수작업을 수반하기에 생산성이 매우 낮으며, 이러한 과정을 통해 생산된 BIM은 입력오류 등 수작업에 의한 오류가 잦게 발생하는 것이 필연적이다. 그러나 본 연구에서 제시한 간소화된 BIM기반 철근수량산출 방안은 과정 중 건축물의 골조

형상만을 모델링하기 때문에 복잡한 철근 모델링 과정은 생략하여 오류가 발생할 가능성을 줄일 수 있다. 오류발생가능성 감소뿐만 아니라 수작업으로 입력하던 물량정보를 자동으로 추출하여 입력하기에 작업시간 또한 감소된다.

구조요소 필요정보 목록에 따른 입력방식은 Table 1과 같다.

기존의 물량산출 과정에서는 철근의 물량산출에 필요한 정보를 입력할 때, 방향에 따른 철근개수와 피복두께, 철근의 전체 길이, 콘크리트의 방향별 길이, 철근의 종류, 지름, 강도, 갈고리 길이 등을 직접입력 또는 선택입력방법으로 반복작업에 대한 정보의 입력에 많은 작업이 필요했다. 그러나 간소화하여 제시된 BIM기반 철근물량산출 방법의 경우, 사용자가 직접적으로 입력하는 요소를 최소화하였으며, 선택적으로 입력하는 요소가 1개, 그 외의 요소는 자동으로 추출되거나, 고정값으로 지정토록 하여 반복작업에 대한 오류 발생가능성을 줄였다.

이에 따라 기존 견적 작업시간 중 70%를 차지하던 물량산출 작업시간을 축소할 수 있어 전체적인 견적시간을 단축시킬 뿐만 아니라 수작업으로 진행되는 반복작업에서 기인하는 오류를 대폭 감소시킬 수 있다. 또한, BIM기반의 입력에서는 갈고리의

Table 1. Input method according to the list of required information for structural elements

Input	Conventional method	BIM-based method
Direct input	<ul style="list-style-type: none"> Number of bars in X-direction Number of bars in Y-direction Cover thickness Spacing Length Dimension in X-direction Dimension in Y-direction 	—
Manual input	<ul style="list-style-type: none"> Type Strength Hook length Rebar angle 	<ul style="list-style-type: none"> Strength
Automatic input from BIM	—	<ul style="list-style-type: none"> Type Length Dimension in X-direction Dimension in Y-direction
Automatic input from schedules	—	<ul style="list-style-type: none"> Number of bars in X-direction Number of bars in Y-direction Spacing
Auto-assignment (Fixed)	—	<ul style="list-style-type: none"> Cover thickness Hook length Rebar angle

길이는 표준 갈고리를 사용하고, 정착길이는 철근배근 일람표와 구조설계서를 통해 수집된 정보를 통해 자동으로 입력토록 하였다.

4. 간소화 철근물량산출 방법을 적용한 기둥철근 물량 및 결과분석

BIM기반 철근 수량산출 간소화 방법은 상세설계단계에서의 철근수량산출을 목적으로 제시되었기에, 이에 관하여 적용성을 검증하는 과정이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 사례모델에 제시된 방법을 적용하여 기둥철근의 수량을 산출하고, 철근 샵드로잉 물량과 비교한 결과물을 도출한다. 도출된 결과물을 바탕으로 실제 프로젝트에 대한 적용성을 검증하는 것을 목표로 한다.

4.1 사례모델 개요

본 연구에서 제시한 BIM기반 철근 수량산출 간소화 방법의 적용성을 검증하기 위해 사례모델 1개를 선정하여 기둥철근의 물량을 산출한다. 선정된 모델은 경상북도에 위치한 'K'고등학교로, 건축물의 전체 중 1개 층의 증축부위로 범위를 한정하여 산출하였다. 검증용 사례인 'K'고등학교의 증축부위에 대한 BIM은 Figure 9와 같다. 한정된 범위 내에서 배치된 기둥의 개수는 총 12개로 기둥의 종류는 'C2'와 'C5'로 두 가지이다.

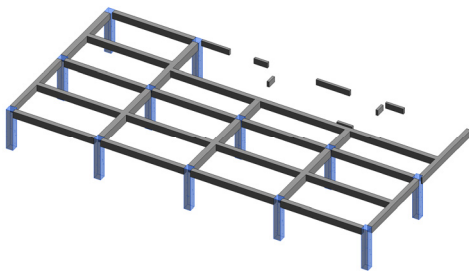


Figure 9. BIM model for validation

4.2 간소화된 기둥철근 수량산출 물량 및 결과분석

본 연구에서는 BIM기반 철근수량산출 간소화 방법 제시를 목적으로 적용범위는 전체 설계단계 중 상세설계단계이며, BIM의 상세수준은 LOD200을 기준으로 한다. 사례모델 'K'고등학교의 증축부위에 구조요소 정보와 철근배근일람표를 활용하여 기둥철근의 물량을 자동적으로 산출하고자 하였다. 철근샵드로잉 물량을 기준으로 산출된 결과물과 비교하여 제시된 방법에 대한 효율성과 정확성을 검증하고자 하였다. BIM과 철근배근일람표로부터 기둥철근 수량산출 적산식에 필요한 요소를 추출하여 한정된 범위 내에서 철근의 물량을 산출하였다. 사용된 철근의

종류는 HD10, SHD22S로, 지름별 철근물량은 Table 2와 같다.

Table 2. Input method according to the list of required information for structural elements

Method	HD10	SHD22S
Rebar shop drawing quantities	839.04m	727.2m
Rebar quantities from the simplified calculation process	861.12m	737.42m
Error rate	2.63%	1.4%

철근 샵드로잉 물량을 기준으로 개선된 BIM기반 철근수량산출 방법을 통해 산출된 철근의 물량과 비교한 결과는 다음과 같다. 기둥의 주근에 해당하는 철근의 종류인 SHD22S는 샵드로잉 물량에 비해 10.2m 적게 산출되었으며, 그 오차율은 1.4% 정도였다. 기둥의 띠철근에 해당하는 철근의 종류인 HD10은 샵드로잉 물량에 비해 약 20m 적게 산출되었으며, 이로 인한 오차율은 2.63% 정도였다. 이러한 철근 지름별 물량오차율에 대한 비교 결과는 Figure 10과 같다.

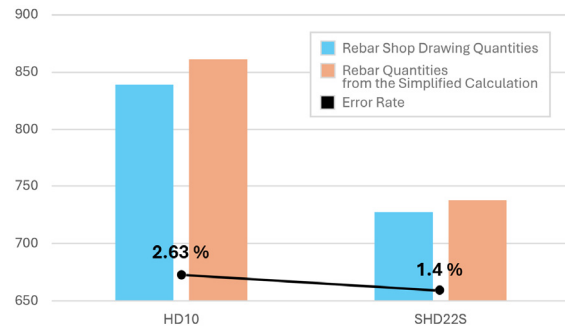


Figure 10. Comparison of error rates by rebar diameter

철근의 종류별 산출물량 비교에 대한 분석결과, BIM기반 철근수량산출간소화 방법을 통해 산출된 철근의 물량이 철근 샵드로잉을 통해 산출된 물량에 비해 적게 산출되는 것으로 분석할 수 있다.

주근에 해당하는 종류인 SHD22S의 경우, 오차율이 1.4%가 발생하였는데, 이는 철근의 정착길이 산정방식에서 기인하였다고 분석된다. 철근 정착길이 산정방식은 식을 통해 계산하는 방식과 구조 일반사항에 표기된 표를 통해 산정하는 방식으로 나뉜다. 샵드로잉 물량의 경우 일반사항에 표기되어있는 표를 통해 정착길이를 산출하였으며, BIM기반 철근수량산출간소화 방법의 경우 정착길이 산정식을 통해 산출하여, 미세한 차이가 축적되어 10.2m의 오차가 발생하였다고 분석된다. 띠철근에 해당하는 종류인 HD10의 경우, 오차율이 약 2.63% 발생하였는데, 이는 띠철근 길이를 구성하는 적산식에서 갈고리의 길이 생략

으로 인해 생략된 갈고리 길이가 축적되어 약 20m의 오차가 발생하였다고 분석된다.

본 연구에서 도출된 물량의 비교 분석결과, 주근에 해당하는 철근의 오차율이 1.4%이며, 띠철근에 해당하는 철근의 오차율이 2.63%이다. 이러한 수치는 일반적으로 철근에 적용하는 할증률인 5%이내이므로, 철근물량산출에 대한 정확도에 따라 상세설계단계에서의 산출가능성이 높음을 알 수 있으며, 기존 물량산출 과정에서 직접 입력했던 구조요소정보를 자동으로 추출하여 입력하기에 물량산출에 소요되는 시간을 감축시켜 적용성 또한 높다고 판단된다.

5. 향후 연구 진행 방향 및 결론

본 연구는 건축물의 상세설계단계에서의 철근물량산출을 목표로, 파악된 기존의 철근물량산출 과정 문제점을 개선함과 동시에 상세설계단계에서 철근물량산출이 용이하도록 BIM기반 철근수량산출간소화 방법을 정립하고자 하였다. 그리고 BIM기반 철근수량산출간소화 방법의 적용성 검증을 위해 사례모델 'K'고등학교에 적용하였으며, 철근삽드로잉 물량과 비교한 결과물을 바탕으로 실제 프로젝트에 대한 사용성을 검증하였다.

그 결과, 사례모델에 사용된 철근의 종류 중 SHD22S의 경우 오차율이 1.4% 발생하였으며, HD10의 경우 오차율이 2.63%가 발생하였다. SHD22S는 사례모델의 구조부재 중 기둥에 사용된 철근으로 주근의 역할로 배근된 철근이다. 이에 대한 오차는 이음길이 및 정착길이에 대한 산정방식의 차이로부터 기인하였음으로 분석되었다. HD10은 사례모델 구조부재 중 기둥에 사용된 철근으로 띠철근의 역할로 배근된 철근이다. 이에 대한 오차는 띠철근 길이를 구성하는 적산식에서 간소화를 위해 갈고리 길이에 대한 고려를 하지 않았기에 발생한 것으로 판단된다. 따라서 주근과 띠철근 모두 원인은 다르나 철근별로 작은 차이가 축적되어 10m ~ 20m의 오차가 발생하였다. 그러나 오차율이 각각 1.4%과 2.63%로, 일반적으로 철근에 적용되는 할증률인 5%의 범위 안에 해당하기에 충분히 상세설계단계에서 물량산출이 가능하다고 판단된다.

본 연구에서는 상세설계단계에서 BIM기반으로 철근물량을 간결하게 산출할 수 있는 방법을 제시하였다. 기존의 2D물량산출 방식과 BIM 물량산출 방식의 경우 반복적인 작업과 높은 모델링 난이도에 의해 효율성이 낮거나 오류가 큰 문제점이 발생하였다. 그러나 본 연구에서 제시한 방법의 경우, LOD200 수준의 BIM을 전제로 하기에 모델링 난이도가 낮은 축에 속하며, 그 외에 철근 물량산출에 필요한 구조정보는 대부분 자동으로 입력되기에 반복적인 작업 또한 감소되었다고 볼 수 있다.

그러나 본 연구에서는 철근 물량에서 오차가 발생한 원인인 갈고리의 길이와 정착길이 산정방식에 대한 부분을 추가로 고려하여 최종적인 물량에 대한 오차를 줄이며, 물량산출 범위를 확대하여 전체 건축물의 철근물량 산출에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 2024년도 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2021-KA163269).

References

- Cha, Y. N., Kim, S. A., Chin, S. Y. (2014). Analysis of Quantity Take-Off Accuracy Using BIM-Based Spatial Objects, KIBIM Magazine, 4(4), pp. 13-23.
- Eom, J. E., Lee, J. H., Kim, J. H., Choe, I. S. (2014). Introduction of BIM-based Rebar Modeling Automation System, Journal of Computational Structural Engineering, 27(3), pp. 18-24.
- Ergen, F., Bettemir, Ö. H. (2022). Development of BIM Software with Quantity Take-Off and Visualization Capabilities, Journal of Construction Engineering, Management & Innovation, 5(1), pp. 01-14.
- Jang, J. W. (2013). Development of Rebar Arrangement System for Reinforced Concrete Foundation Using Lean Design Technique based on Structural BIM, Masters Thesis, Hanyang University Graduate School, pp. 45-46.
- Joo, S. W., Kim, C. K., Kim, S. W., Noh, J. O. (2017). Establishment of BIM-Based Quantity and Cost Estimation Guidelines for Reinforced Concrete Frames, Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea, 30(6), pp. 567-576.
- Jung, J. H., Kim, C. K., Lee, J. C., Kim, J. H., Kim, M. S. (2012). Representation of Rebar Using IFC at Schematic Structural Design Stage, Journal of the Architectural Institute of Korea: Structure, 28(1), pp. 59-67.
- Kim, S. A., Park, G., Song, B. S., Choi, C. H., Chin, S. Y. (2016). Study on the Creation of Work Environment for Improving Productivity of BIM Estimation Tasks, Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management, 17(1), pp. 56-65.
- Kim, S. H., Kim, S. G., Seo, S. W., Kim, S. C. (2023). Develop-

- ment of Automated Algorithm for Slab Rebar Quantity Calculation, *Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 24(5), pp. 52–62.
- Kim, Y. J., Kim, S. A., Chin, S. Y. (2012). A study on Improving the Reliability of BIM-Based Estimation Modeling Data, *Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 13(3), pp. 43–55.
- Kusumaningroem, T. T., Gondokusumo, O. (2023). Comparison of Building Information Modeling and Conventional Methods for Concrete and rebar Quantity Take-Off, *International Journal of Application on Sciences, Technology and Engineering*, 1(2), pp. 674–684.
- Lee, J. C. (2019). Efficient Rebar Quantity Calculation in the Early Design Stage Using BIM models, *Journal of the Architectural Institute of Korea: Structure*, 35(5), pp. 145–152.
- Porwal, A., Hewage, K. N. (2011). Building Information Modeling-Based Analysis to Minimize Waste Rate of Structural Reinforcement, *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(8), pp. 943–954.
- Seo, H. S. (2014). A Study on the Application of Rebar Quantity Calculation and Construction Detailing Using 3D Modeling Technique, Masters Thesis, Seoul National University of Science and Technology Graduate School of Industry, p. 62.
- Seong, J. G. (2012). Design and Development of BIM Based Rebar Shop Drawing System for Column and Wall, Masters Thesis, Daejeon University, pp. 76–79.
- Sherafat, B., Taghaddos, H., Shafaghat, E. (2022). Enhanced Automated Quantity Take-Off in Building Information Modeling, *Scientia Iranica A: Civil Engineering*, 29(3), pp. 1024–1037.
- Song, C. H., Kim, C. K., Lee, S. E., Choi, H. C. (2016). Establishment of BIM-Based Rebar Quantity Calculation Process in the Early Design Stage, *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 29(5), pp. 447–454.
- Ugochukwu, S. C., Nwobu, E. A., Udechukwu-Ukohah, E. I., Odenigbo, O. G., Ekweozor, E. C. (2020). Regression Models for Predicting Quantities and Estimates of Steel Reinforcements in Concrete Beams of Frame Buildings, *Journal of Scientific Research & Reports*, 26(7), pp. 60–74.
- Yun, J. D., Cho, H. S., Lee, J. H., Shin, J. Y., Kim, E. S. (2020). Comparison of Rebar Quantity Calculation in Reinforced Concrete Structures based on BIM, *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 33(1), pp. 35–44.