pISSN 1598-2033
eISSN 2233-5706

J. Korea Inst. Build. Constr. Vol. 19, No. 6 : 521-527 / Dec, 2019
https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.6.521

www.jkibc.org

철근 수량산출 간소화 방안

A Study on the Simplification of Quantity Calculation of Reinforcing Bar

조 영 호[1] 윤 석 헌[2*]

Jo, Yeong-Ho[1] Yun, Seok-Heon[2*]

Researcher, Department of Architectural Engineering, Gyeongsang National University, JinjuDaero, Jinju, 52828, Korea [1]

Professor, Department of Architectural Engineering, ERI, Gyeongsang National University, JinjuDaero, Jinju, 52828, Korea [2]

Abstract

Quantity takeoff and cost estimates in Korea are carried out in practice without any clear standards or standards. Especially, quantity takeoff of Reinforcing bar and BoQ documentation process is very complex using 2D drawings. In this study, 10 case sites were analyzed for the status of inefficient quantity takeoff and how the statement was prepared. In order to solve this problem, this study presented a method for calculating the quantity of rebars through the ratio of concrete volume for schools, offices, and apartment buildings, and analyzed the accuracy of results. In the future, it is expected that the error range can be reduced by defining the factors affecting the results and calculating the correction value for them.

Keywords : rebar, cost estimate, simplification

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 철근콘크리트공사에서는 철근량을 산출하기 위해 매우 복잡한 기준을 사용하고 있다. 최근에는 3차원 모델을 통하여 산출하기도 하지만 대부분의 현장에서는 철근량을 산출할 때 주로 철근 배근도를 바탕으로 각 부재별로 다른 산출 식을 통하여 철근량 산출하는 방식을 사용하고 있다. 일반적으로 철근량 산출 시 부재별로 배근방법이 다르기 때문에 수량산출 과정이 복잡하다. 또한, 철근은 운반, 가공, 시공, 등 필요에 따라 표준 길이로 생산되어 시공 시 철근 간을 이어서 사용해야 하며 위치에 따라 정착과 이음 길이가 다르기 때문에 철근량을 산출하는 과정 또한 제각각이다. 또한 부재별 간격을 고려해서 철근 개수를 산정하기 때문에 기존에 사용하고 있는 산출방식은 비효율적인 측면이 있다. 또한 현장에서 BIM을 활용하는 경우에도 수량산출과정부터 내역서를 작성하는 과정은 여전히 수작업으로 이루어지고 있다[1].

본 연구는 기존의 복잡하고 비효율적인 철근량 산출과정을 간소화를 위해 콘크리트량 대비 철근량의 비율을 활용하여 간단하고 효율적인 철근수량 산출의 가능성을 제시하고자 한다. 이러한 방식은 해외에서 종종 사용되고 있기는 하지만, 국내에서는 오차수준에 대한 우려로 인해 잘 사용하지 않고 있다. 하지만, 그 오차의 수준은 기본설계 단계의 개산견적에서 사용하는 데 무리가 없으며, 보다 세부적인 요인들을 적용하면, 상세설계에도 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

이를 위해서는 정확한 콘크리트 수량이 필요한데, BIM을 활용하여 수량을 산출하면 낮은 LOD수준에서도 비교적 정확한 콘크리트의 수량을 산출할 수 있다[2]. 본 연구에서는 BIM을 통해 산출할 수 있는 정확한 콘크리트 수량정보를 통하여, 그 비율에 의해 철근 수량을 산출하는 방법을

Received : September 10, 2019
Revision received : October 18, 2019
Accepted : October 22, 2019
* Corresponding author : Yun, Seok-Heon
[Tel: 82-55-751-6542, E-mail: gfyun@gnu.ac.kr]
ⓒ2019 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

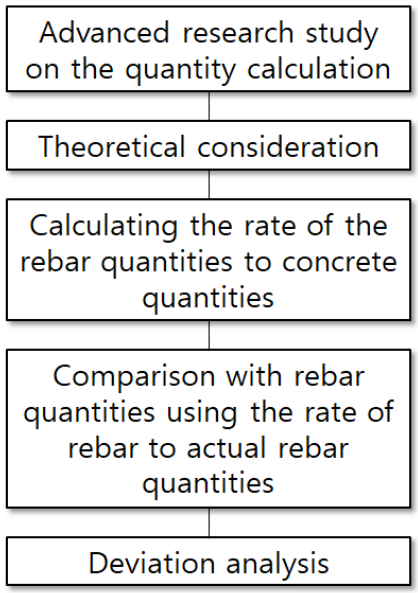

Figure 1. Research method

검토하고, 그 활용성을 검증해보고자 한다. 이는 BIM을 활용한 수량산출 및 견적에 있어서도 매우 효과적일 것으로 판단된다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 최근 3년간 발주한 공공청사, 학교, 공동주택을 연구 대상으로 수량 산출서의 골조 산출서에 작성된 콘크리트량과 철근량을 분석하여 유형별 부재의 콘크리트량 대비 철근량 비율을 산출하는 것을 연구의 범위로 한다. 본 연구의 연구흐름은 Figure 1과 같다.

우선 수량산출개선에 대한 선행연구문헌을 고찰하였고 이론적 고찰을 통해 견적 및 해외 철근수량 간소화 방안 사례와 국내의 내역서 및 수량산출 현황 및 문제점을 분석하였다. 선행연구와 이론적 고찰을 통해 내역서 작성항목 대비 복잡한 철근량 산출에 대한 문제점을 확인하였다. 이에 본 연구에서는 기존의 비효율적인 철근수량 산출과정을 개선하기 위해 최근 3년간 발주된 일반청사, 학교, 공동주택 10사례를 바탕으로 콘크리트량 대비 철근량을 비율을 도출하였다. 이후 건설 프로젝트를 선정하여 기존 수량산출 방법으로 산출된 철근량과 간소화 방안을 적용하여 산출된 철근량의 오차율을 비교 분석하여 기존의 비효율적인 철근량 산출방법이 아닌 콘크리트량을 활용한 철근수량산출 간소화 방안의 국내 적용 가능성을 검토하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 선행연구 분석

철근수량산출 과정 간소화 방안 및 BIM 수량산출 LOD 수준에 대한 기준을 검토하기 위해 수량 산출, 개산견적, BIM LOD기준의 키워드로 선행연구논문을 고찰하였다.

철근수량 방법은 프로젝트 초기 단계에서 개략적인 적산과정을 하거나 구조형식 구분에 따라 단위 공종별 평균값을 활용하는 방법을 주로 사용해왔다. 현재 국내 철근량 산출 간소화 방안 연구는 실적자료를 바탕으로 하여 유사 프로젝트의 공가별/부위별 Unit Area(m^2)당 골조수량을 추출하는 방안과 유사 프로젝트에서 추출한 골조수량 데이터를 산정된 신규 프로젝트의 Unit Area(m^2)에 대입하여 골조의 수량을 산출하는 방법이 제시되고 있다[3]. 그러나 선행연구된 방안에서는 오차범위 및 오차율에 대한 검증이 부족하였으며, 실적자료를 이용한 Case검증 사례가 부족한 것으로 판단된다.

BIM을 활용한 물량의 자동 산출방식은 모델의 설계진행 수준에 따라 달라지며, 철근량을 산출하기 위해서는 BIM 객체에 대해 많은 정보가 필요하다. 현재 BIM모델링에서 철근량을 산출하기 위해 제시된 방안으로 콘크리트 $1m^3$당 소요 철근 ton의 철근비를 이용한 선행연구가 있었으나, 철근비를 활용하여 물량을 산출한 Case검증이 부족하였으며, 부재별 철근비율을 제시하지는 않았다.

2.2 견적의 정확도

2.2.1 견적의 정의

견적의 정의는 전문가들에 따라 다르다. 그 중 PMI, AACE(American Association of Cost Engineering, 이하 AACE), Carr, Stwart의 견적정의에 공통적인 부분은 실제 작업을 실행하기 이전에 프로젝트 및 건축물의 장래 비용을 추측하는 과정이며, 이용 가능한 모든 조건을 고려한 실제 가격에 가까운 추정이라고 한다. 추가로 개산견적(Order of Magnitude)은 건물이 설계되기 이전에 실시되어 과거에 실행한 유사한 공사실적의 실적데이터를 이용하여 실행하는 개념이다[4].

2.2.2 견적의 정확도

Figure 2는 미국의 AACE 견적의 정확도를 5단계로 나

	Primary Characteristic	*Secondary Characteristic*		
ESTIMATE CLASS	MATURITY LEVEL OF PROJECT DEFINITION DELIVERABLES Expressed as % of complete definition	END USAGE Typical purpose of estimate	METHODOLOGY Typical estimating method	EXPECTED ACCURACY RANGE Typical variation in low and high ranges
Class 5	0% to 2%	Concept screening	Capacity factored, parametric models, judgment, or analogy	L: -20% to -50% H: +30% to +100%
Class 4	1% to 15%	Study or feasibility	Equipment factored or parametric models	L: -15% to -30% H: +20% to +50%
Class 3	10% to 40%	Budget authorization or control	Semi-detailed unit costs with assembly level line items	L: -10% to -20% H: +10% to +30%
Class 2	30% to 75%	Control or bid/tender	Detailed unit cost with forced detailed take-off	L: -5% to -15% H: +5% to +20%
Class 1	65% to 100%	Check estimate or bid/tender	Detailed unit cost with detailed take-off	L: -3% to -10% H: +3% to +15%

FIgure 2. Accuracy of the cost estimation suggested by AACE

Concrete building element	Weight of reinforcement in kg/m3
Bases	90-130
Beams *(lightly loaded)*	100-150
Beams	150-300
Capping beams	135
Columns *(lightly loaded)*	110-200
Columns	200-450
Ground beams	230-330
Footings	70-100
Pile Caps	110-150
Plate slabs	95-135
Rafts	115
Retaining walls	110-150
Ribbed floor slabs	80-120
Slabs – one way	75-125
Slabs – two way	67-135
Stairs	130-170
Tie beams	130-170
Transfer slabs	150
Walls – normal	70-100
Walls – wind	90-150

NOTE: For fully exposed elements add the following:

Figure 3. Average weight amount of rebar by structure presented by Yourspreadsheets in the UK

누어 사용하고 있는 것을 보여주고 있으며, AACE는 단계의 정도에 따라 정확도를 제시하고 있다. 이러한 기준을 통해, 사업자는 초기단계부터 마무리까지 그 정확도의 수치기준에 따라 프로젝트의 성공의 여부를 판단할 수 있다.

Figure 2를 살펴보면 AACE의 견적방법에 따른 분류로 초기 개산견적 부분에서 ±30~100%까지 제시하고 있고 상세견적에서는 ±3~15%까지 제시하고 있는 것을 볼 수 있다.

2.3 해외 철근 수량 산출 간소화 사례

미국, 영국 등 선진국에서 이미 각 부재별 평균 중량수치(단위 체적당 중량)를 산출하여 사용하고 있으며 위 Figure 3은 영국에서 사용 중인 대표적인 평균 중량수치를 나타낸 표이다. 영국에서는 철근콘크리트 건물에 보, 기둥, 슬래브 등 부재별 세부항목을 구분하여 철근의 대표적인 평균 중량(kg/m^3)을 지정하여 사용하고 있다.

2.4 내역서 및 산출서 현황

일반적으로, 철근의 수량을 산출한 이후 내역서를 작성

Rebar for Reinforced Concrete	Deformed bar(SD400), HD=10	TON
Rebar for Reinforced Concrete	Deformed bar(SD400), HD=13	TON
Rebar for Reinforced Concrete	Deformed bar(SD400), HD=16	TON
Rebar for Reinforced Concrete	Deformed bar(SD400), HD=19	TON
Rebar for Reinforced Concrete	Deformed bar(SD400), HD=22	TON
Rebar fabrication and assembly(General Architecture)	Normal, 10 ton	TON

Figure 4. Example of the rebar items in BoQ

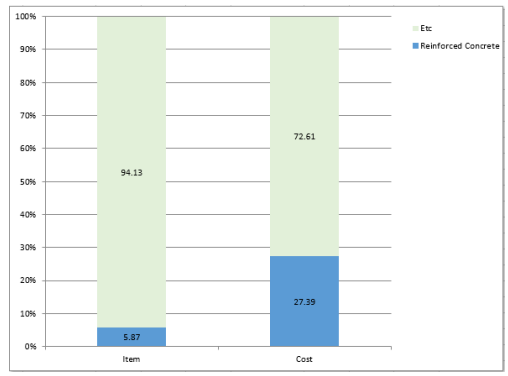

Figure 5. Rate of R/C project

할 때에는 부재별로 작성하지 않고 프로젝트에서 산출된 모든 철근량을 합산하여 작성한다. 이렇게 내역서를 작성하는 경우, 내역서와 수량산출서의 연계성을 해치게 되어, 내역서의 값만으로는 원하는 위치(층 또는 부위)에 따른 철근 수량을 확인하거나, 내역서의 산출값에 대한 근거를 확인하기 어렵다. Figure 4는 내역서에 작성된 철근량 항목이다. 내역서는 부재 및 공간에 대한 정보를 나타내지 않고 철근의 스펙에 따라 내역서를 작성하고 있다. Figure 5는 내역서에서 총 내역서 목록 대비 철근콘크리트 공종대비 비율과 총 공사비 대비 철근콘크리트 공사비 비율을 보여준다.

5개의 프로젝트 공사비 내역서를 검토한 결과, 철근공사는 총 공사비 대비 27.39%의 비율로 분석되었으나, 항목의 비율은 5.87%로 나타나고 있다. 하지만, 그 항목들도 수량산출과정과는 상관없이 규격별로만 정리되어 있어, 공사단계별 공사관리나 부위별 공사비 분석 등에 활용하기 어렵다. 또한, 각 부재별 철근량을 산출위해 기존의 산출식을 사용하기 보다는 산출과정을 통일하여, 산출방법을 간소화할 필요성이 있다고 판단된다.

해외사례 간소화 사례 국내 적용 시 국내에 콘크트량 대비 철근비를 이용하여 철근 수량산출을 간소화 했을 시 국내의 내역서 비효율성 해결줄 수 있는 방안이라 판단한다.

Table 1. Rate of rebar to concrete by project

Type	Office Building			school			Apartment		
Project	rebar (ton)	Concrete (m^3)	Ratio (%)	rebar (ton)	Concrete (m^3)	Ratio (%)	rebar (ton)	Concrete (m^3)	Ratio (%)
1	122.761	961.377	12.769	1631.670	12755.511	12.792	500.449	6999.998	7.149
2	376.051	3434.731	10.948	1745.130	13132.361	13.289	458.993	6252.895	7.340
3	401.317	3029.110	13.249	835.988	7233.429	11.557	458.724	6159.194	7.448
4	88.874	777.013	11.438	1155.152	9712.718	11.893	323.788	4323.232	7.489
5	180.625	1380.400	13.085	816.586	6384.561	12.790	420.610	5530.482	7.605
6	358.809	3102.040	11.567	1028.793	7417.067	13.871	293.311	3875.906	7.568
7	878.699	6634.790	13.244	749.567	5558.392	13.485	548.791	8003.660	6.857
8	166.898	1351.780	12.347	729.984	6512.265	11.209	558.939	8129.745	6.875
9	498.664	3643.238	13.687	939.587	8652.444	10.859	444.499	6280.769	7.077
10	474.634	3845.120	12.344	1036.280	8478.990	12.222	161.578	2004.320	8.061
Avg.			12.468			12.397			7.347

3. 유형별 콘크리트량 대비 철근량 비율 산출

3.1 프로젝트 전체 콘크리트량 대비 철근량 비율

Table 1은 공공청사, 학교, 공동주택 프로젝트의 10개를 선정하고, 유형별 대표적인 콘크리트량 대비 철근량 비율을 분석한 결과이다. Table 3은 유형별 구조산출서의 실적데이터를 정리하여 분석한 표이며, 여기서, 공공청사와 학교의 각 10개 데이터는 라멘구조로 설계된 프로젝트이며 공동주택의 10개 데이터는 벽식구조로 설계된 프로젝트이다.

프로젝트 전체 실적데이터는 기초, 기둥, 보, 슬라브 등 골조 부재별 콘크리트량과 철근량을 합산한 값이며 그 밖의 프로젝트에 사용된 콘크리트량과 철근량은 제외하였다.

분석 결과, 공공청사의 프로젝트 전체 콘크리트량 대비 철근량 비율은 12.458%로 나타났으며, 비율의 표준편차는 0.859, 변동계수는 0.069로 산출되었다. 학교의 프로젝트 전체 콘크리트량 대비 철근량 비율 12.397%비율의 표준편차는 0.961, 변동계수는 0.077로 산출되었으며, 벽식구조로 설계된 공동주택의 프로젝트 전체 콘크리트량 대비 철근량 비율은 7.347%이고 비율의 표준편차는 0.351, 변동계수는 0.048로 산출되었다.

분석결과 라멘구조로 설계된 유형인 공공청사와 학교의 프로젝트 전체 콘크리트량 대비 철근량 비율은 약 12%였으며 벽식구조로 설계된 공동주택은 약 7% 정도로 나타났다.

Table 2. Rate of rebar to concrete by structure type

Type	Office Building	school	Apartment
Foundation	7.717	6.878	3.620
Column	27.139	25.411	30.087
Beam	26.917	23.500	25.481
Slab	7.406	6.663	5.596
Retaining Wall	11.335	12.466	8.011
Stair	13.073	14.585	10.748

Table 3. Coefficient of variation by type

Type	Office Building	school	Apartment
Project	0.069	0.077	0.048
Foundation	0.155	0.182	0.087
Column	0.139	0.117	0.163
Beam	0.133	0.189	0.083
Slab	0.264	0.162	0.033
Retaining Wall	0.162	0.141	0.068
Stair	0.212	0.179	0.045

또한 공동주택은 유형별 변동계수가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 이는 프로젝트 마다 다양한 구조 및 디자인을 가지고 있는 공공청사 및 학교 건물과 다르게 일관성 있는 구조와 디자인을 가지고 있는 공동주택의 특성으로 인해 산출된 결과 값이라고 판단된다.

3.2 부재별 콘크리트량 대비 철근량 비율

Table 2는 유형별 10개의 사례를 구조 산출서에 작성된 실적데이터를 산출하여 기초, 기둥, 보, 슬라브, 옹벽, 계단의 부재의 콘크리트량 대비 철근량의 비율을 산출한 값을 보여주고 있다. 부재별 골조산출서 분석결과 유형별 각 부재의 산출비율이 조금씩 상이하였지만, 보와 슬래브 산출비율은 세 유형별 비슷한 비율 값이 산출되었다.

Table 3은 부재별 산출된 비율의 변동계수를 정리한 결과이다. 유형별 부재의 변동계수를 분석결과 공공청사의 슬라브에 대한 변동계수가 0.264로 가장 높았으며, 기둥의 변동계수는 공통적으로 높았다. 나머지 부재에 대해서는 라멘구조로 설계된 공공청사와 학교는 서로 비슷한 값으로 변동계수가 산출되었지만, 벽식구조로 이루어진 공동주택과는 상이한 값의 변동계수가 산출되었다.

라멘구조와 벽식구조를 비교할 경우 대부분의 변동계수의 값은 라멘구조 부재들이 높지만 기둥의 경우 벽식구조의 변동계수가 더 높았다. 이는 프로젝트 마다 다른 기둥의 형태와 공동주택의 높은 층수로 인하여 발생되는 영향으로 판단된다.

3.3 사례 검증

유형별 산출한 콘크리트 대비 철근량 비율을 공사유형별 1개씩 Case를 선정하여 산출된 비율을 적용했을 때 부재별

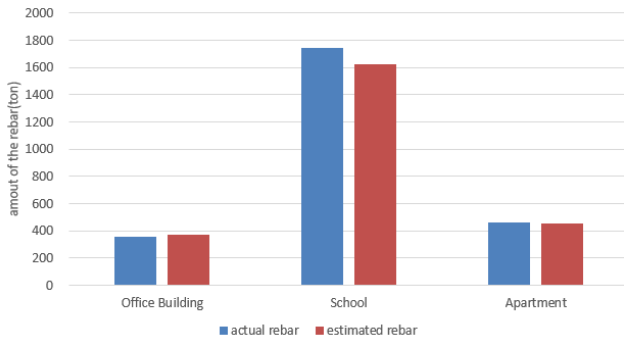

Figure 6. Comparison of estimated rebar and actual rebar

실 소요 철근량과 비율로 산출한 철근량과의 오차율을 비교 분석해 보았다. 추정 철근량(1)과 오차비율 산출식(2)은 다음과 같다. 여기서 Re는 추정철근량, Ca는 콘크리트 실제 수량, Rr은 철근산출비율을 나타낸다.

$$R_e = C_a \times R_r \quad \text{----------} \quad (1)$$

$$100 - \frac{Re}{Ca} \times 100 \quad \text{----------} \quad (2)$$

Figure 6, 7은 Case사례에 위 (1),(2)을 적용한 결과이다. 분석결과 공공청사의 프로젝트 전체 오차비율은 약 -3.65%이며 각 부재별 오차는 -14~13%로 나타났으며,

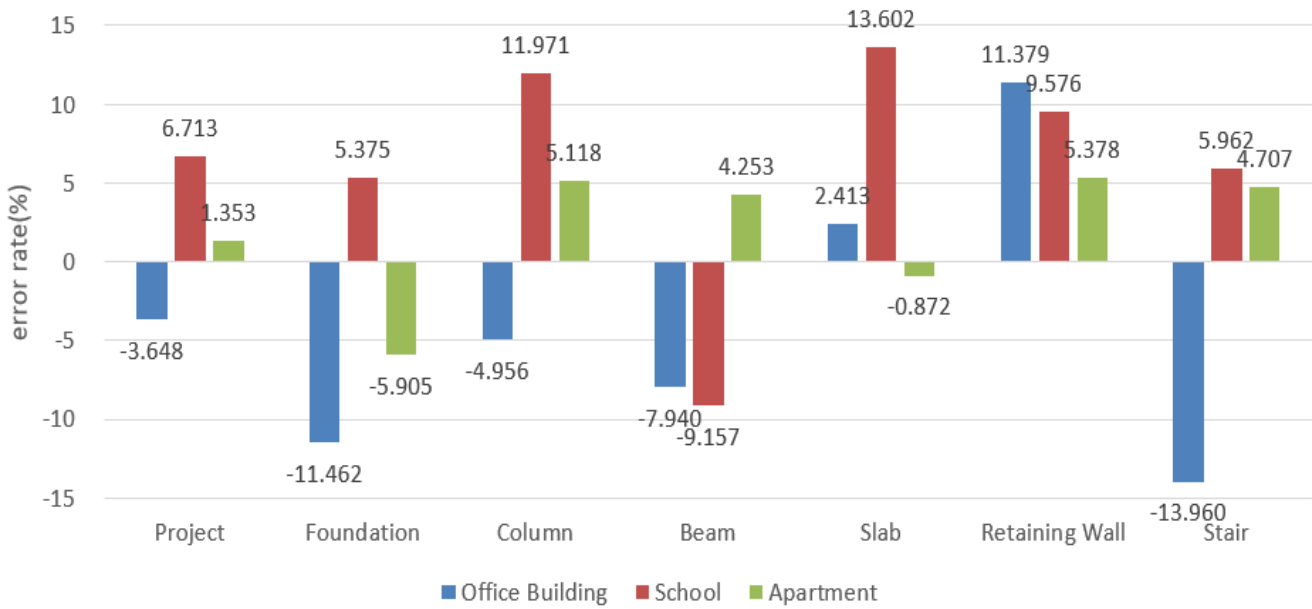

Figure 7. Error rate by structure type

학교의 프로젝트 전체 오차비율은 약 6.71%로 나타났고, 부재별 오차는 -9~13.6%정도 발생했다. 공동주택의 경우 프로젝트 전체 오차비율은 약1.35%로 가장 낮은 오차율 값인 것을 알 수 있으며 부재별 오차 비율 또한 -5.9~5.4%로 가장 낮았다.

산출된 전체 철근량의 오차 비율은 -14~13%로 프로젝트의 전체 공사비의 관점에서는 이보다 더 낮을 것으로 판단되고, AACE의 상세견적 단계인 Class1의 오차율인 ±3~15%이내에 있어 상세견적에서의 적용도 가능하다고 판단된다.

그러나 부재별의 경우 구조 유형에 따라 변동계수가 크고 오차비율이 높아 상세견적 단계에서 적용이 제한적이다. 따라서 보정치를 지정하여 오차를 줄이는 방법이 필요하다.

4. 결 론

현재 국내에서는 철근 내역서 작성 시 층 및 부재별 공간의 정보를 포함하지 않고 철근의 스펙(D10, D13...)위주의 내역서 작성을 하고 있다. 이러한 내역서 작성방법은 철근량을 산출하는 방법 대비 내역서 작성 시 많은 정보를 간소화 시키며, 많은 시간을 투입해야하는 비효율적인 방법이다. 공사비 내역서 분석결과 전체 항목 대비 비율이 총 공사비 대비 비율에 비해 낮은 비율을 나타내고 있다. 이에 본 연구는 기존의 복잡한 식을 사용하여 철근량을 산출하는 방법인 아닌 콘크리트량 대비 투입되는 철근량의 비율을 이용하여 철근량을 산출하는 방법을 제시하고자 하였다.

프로젝트 실 철근량과 수량산출 간소화 방안을 적용하여 산출한 철근량과 비교분석한 결과 프로젝트 전체 철근량의 오차가 AACE에서 제시하는 실시설계 단계 오차율범위 내에 있었다. 이에 본 간소화 방안은 상세견적 단계에서도 적용이 가능하다고 판단된다. 또한 본 연구에서 제시한 간소화 방안은 낮은 LOD단계에서도 수량을 산출할 수 있는 콘크리트를 이용하기 때문에 BIM을 이용하여 물량을 산출하는 과정에서도 효율적이라 판단된다.

향후 연구계획으로 부재별 유형에 따라 적용할 수 있는 보정 값을 산출하여 변동계수 및 오차를 줄여 프로젝트 전체 철근량 뿐만 아니라 부재별 오차율 또한 상세견적 정확도의 오차범위에 포함하게 하는 연구가 필요하다. 이에 추후 연구는 부재 및 공간에 대한 정보를 담은 내역서 작성을 가정하면 부재별로 약간 차이가 있어 이에 대한 영향요인에 대한 추가연구가 필요하다 판단된다.

요 약

국내 철근콘크리트공사 현장에서는 철근량을 산출하기 위해 2D도면을 이용하여 복잡한 식을 사용한다. 내역서상의 철근 내역이 전체 철근량으로 작성되는 것을 고려했을 때, 현행 철근량 산출방식은 다소 비효율적이라고 판단된다. 이에 본 연구는 공공청사, 학교, 공동주택 각 유형별 10개의 프로젝트에 실적데이터를 바탕으로, 콘크리트량 대비 철근량 비율을 산출하여 사례를 검증하였다. 연구결과 AACE가 제시한 상세견적 단계의 정확도 범위 안에 포함되었으며, 프로젝트 전체 철근량은 상세견적 단계 오차율범위에도 포함 되는걸 확인할 수 있었다. 향후 부재별 유형에 따라 적용할 수 있는 보정 값을 산출하여 오차범위를 줄여 부재별 철근 산출량 오차율이 상세견적단계에서도 적용이 가능한 연구가 필요하다고 판단된다.

키워드 : 철근콘크리트공사, 견적, 철근량 산출

Funding

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. NRF-2019R1A2C1005833).

ORCID

Yeong-Ho Jo, http://orcid/0000-0001-9326-8206
Seok-Heon Yun, http://orcid/0000-0001-5439-4111

Referencess

1. An JW, Yun SH. Improvement of BoQ documents for the BIM based quantity takeoff. Journal of KIBIM. 2017 Jun;7(2):16-24. https://doi.org/10.13161/kibim.2017.7.2.016

2. Olsen D, Taylor M. Quantity take-off using buliding information modeling (BIM), and its limiting factors. Procedia Engineering. 2017 Jun;196:1098-105. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.067
3. Tak SW, Lee JS, Chun JY. The framework cost estimating method in schematic design stage. Proceeding of architectural institute of Korea; 2007 Oct 26-27; Korea. Seoul (Korea): The Architectural Institute of Korea Structure & Construction; 2007. p. 741-4.
4. Ahn YS, Song KR, Heo JM. Improving the accuracy of screening of cost estimating in early construction project phase. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2003 Nov;19(11):133-40.
5. Cho HH, Park UY, Kang TK, Park HY, Yun SH, Hur YK. Analysis of re-bar manufacturing system in plant and its facilitate method. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2007 Feb;8(1):57-65.
6. Son BS, Park MS, Lee HS, Lim DH. Analyzing the schematic cost estimating model based on quantity variation in building projects using the case study. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2008 Jun;24(6):109-18.
7. Kim SM, Cho JH, Lee JS, Chun JY. Cost estimating model of structural elements using approximate quantity survey in preliminary building design phase. Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2009 Jun;25(12):155-64.
8. Kwon CC, JO CW, Cho JW. Introduction of BIM quality standard for quantity take-off. Journal of the Korea Institute of Building Construction. 2011 Apr;11(2):171-80. https://doi.org/10.5345/JKIC.2011.04.2.171
9. Cho YK, Choi YJ. A study on standardization of rebar through analysis of loss rate. Journal of Standards and Standardization. 2011 Dec;1(2):82-94.