

도면정보 기반 건축공사 콘크리트 물량산출 성과물 검증방안 개발

임해진¹ · 최창훈² · 한충희³ · 이준복^{4*}

¹경희대학교 건축공학과 석사과정 · ²경희대학교 건축공학과 공학박사 · ³경희대학교 건축공학과 교수 · ⁴경희대학교 건축공학과 교수

Verification Method for Quantity Takeoff Results of Concrete Works using Design Drawing Information

Lim, Haejin¹, Choi, Chang-Hoon², Han, Choong-Hee³, Lee, Junbok^{4*}

¹Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University
²Post-Doctoral Researcher, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University
³Professor, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University
⁴Professor, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University

Abstract : In construction project, an error in quantity information immediately leads to an error in the quotation, highly reliable quantity calculation is required for successful performance of a project. But there is a difficulty in the current situation for the person in charge to review all calculation sheets for quantity review as the quotation work has to be performed in a short period of time. Accordingly, it is thought that a review plan is required to secure reliability on calculated results and the review plan should be able to be carried out within insufficient quotation periods. In the present paper, it is intended to present a plan that enables quantity to be reviewed with the minimum number of persons within the shortest period of time through an algorithm of calculating a verification quantity. The suggested algorithm allows the result of quantity calculation work carried out earlier based on 2-dimensional drawing to be compared, not with an accurate quantity, but within an error range.

Keywords : Quantity Takeoff, Verification Method, RC Structure, Concrete Work

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설공사의 견적 업무는 개산견적, 명세견적 등으로 분류 되는데, 이는 프로젝트 단계별로 도면과 같이 정보의 차이가 발생함에 따라 견적을 수행하는 방식에 의해 정해진다(Kang, 1998). 일반적으로 견적은 물량정보와 단가정보의 곱으로 수행되므로 물량정보의 오차는 곧 견적의 오차로 나타나게 된다(Park & Lee, 2013). 따라서 성공적인 프로젝트의 수행을 위해 정확도 높은 물량의 산출이 반드시 선행되어야 한다. 그러나 현재의 견적업무는 2D 도면을 바탕으로 수작업에 많이 의존하여 작업자의 실수, 담당자의 노하우에

따라 물량산출이 상이함과 정보의 부족으로 인한 물량산출의 불완전함의 문제가 발생한다(Kim et al., 2013).

이러한 문제점으로 인한 오류는 물량에 대한 검토가 상세히 이루어졌다면 저감될 수 있으나 현재 상황으로는 단기간 내에 견적을 수행해야 하므로 물량검토에 있어서 견적 담당자가 모든 산출서를 전부 검토하는 것에 어려움이 있다(Lee, 2014). 특히 입찰이 현장설명회 실시일로부터 7일 후에 이루어지는 등(Zen, 2017) 촉박한 일정에 의해 산출서 및 내역서가 미흡한 상태에서 제출되는 경우도 있으며, 물량 산출시 부재를 누락하거나 산식 및 소수점 등의 산술적 오류가 발생한다(Lee, 2014). 또한 견적업무에 주어진 기간이 촉박하므로 산출서 상의 물량산출 성과물을 검토하는 작업에 시간을 소모하기에는 어려움이 있는 실정이다.

또한 기존의 내역서는 해당 부위나 공간 등에 대한 정보를 포함하지 않고 있어 수량산출서의 근거를 확인하기 어려운 실정기에 필요한 수량을 그때마다 다시 산출하거나, 개략적인 수식을 만들어 사용하는 비효율이 발생한다. 이는 업무의 비효율뿐만 아니라 정보의 정확성이 낮아지는 등, 견적

* **Corresponding author:** Lee, Junbok, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University, 1732 Deogyong-daero, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 446-701, Korea
E-mail: leejb@khu.ac.kr
Received July 3, 2020; **revised** -
accepted July 22, 2020

업무의 신뢰도에도 문제를 제기할 수 있게 된다(Song et al., 2015).

그러나 현재 물량산출의 정확도를 높이고자 하는 연구가 다수 수행된 것과 달리, 검증업무를 지원하고자 하는 연구는 미비하다. 따라서 현황 파악 및 필요성 분석 등을 위해 견적 전문가 48명을 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 설문조사 분석 결과는 2.5절에서 상세히 설명한다. 성과물에 대한 검증방안의 필요성에 대한 설문조사 결과는 응답자 중 79.2%(38명)가 긍정적으로 응답하였으며, 43.8%(21명)가 검증절차를 거치지 않는다고 응답하였다. 이에 대한 이유로는 촉박한 납품기한과 검증인력 부족이 가장 많았다. 설문조사 관련 상세 내용은 2.2에 명시한다.

따라서 설문조사 결과 충분하지 않은 견적시간 내에 최소의 인원으로 산출한 성과물에 대한 신뢰도를 확보할 수 있는 방안의 필요성이 요구되고 있다. 현재는 검증절차를 거치지 않는 경우도 다수 있으며, 절차를 거치더라도 체계적인 검증방안의 미비로 인해 작업자의 경험을 토대로 문제가 있는 것으로 생각되는 물량을 확인하거나, 산출한 물량을 일일이 같은 방식으로 재산출하는 방식으로 수행되고 있다. 그러나 이로 인해 견적 작업자의 경험에 의한 검증방법은 신뢰성뿐만 아니라 검증결과의 일관성 확보가 어려운 실정이다.

이에 본 연구는 건축공사의 상세견적 단계에서 산출된 물량산출서 상의 성과물을 도면으로부터 추출 가능한 최소한의 정보를 활용하여 정미량이 아닌 수용 가능한 오차범위를 통해 가이드라인의 역할을 하는 검증물량을 산출하여 1인이 1일 안에 물량을 검토할 수 있는 검증방안을 개발하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

조달청에서 발표한 ‘2017년 공공건축물 유형별 공사비 분석’에 의하면 일반청사의 건축공사 점유율(총 직접공사비에 대한 비중이며, 관급자재비는 포함되지 않음)은 전체 공사비의 약 70%를 차지하며 그 중 철근콘크리트 공사의 점유율은 약 15%에 해당한다. 이는 건축공사의 세부공종 중 부대토목 공사를 제외한 가장 큰 항목이다.

건축공사의 물량산출은 일반적으로 골조공사와 마감공사로 나누어 물량을 산출한다(Lee, 2011). 이 중 골조공사는 건축공사에서 수행되는 많은 공정 중 가장 기초가 되며(Kim, 2011) 상기 기재된 바와 같이 전체 공사비에서 큰 비중을 차지하며 높은 점유율을 나타내고 있다. 특히 철근과 레미콘의 점유율은 각각 13%, 12%로 전체 재료비에서 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 그러나 철근의 경우, 자체구조도면이 정확해야 철근물량을 정확하게 산출할 수 있지만(Jeong & Lim, 2013) 통일된 배근시공도가 없어(LH, 2017)

일반적인 방안을 적용하기에 어려움이 있다. 이에 본 연구의 범위는 골조공사의 콘크리트 물량으로 한정한다.

본 연구는 견적업무의 성과물인 물량산출 내역 중 콘크리트 물량에 대한 검증방안을 개발하고자 수행되었다. 개발되는 검증 프로세스는 견적업무를 수행한 담당자가 산출한 물량을 확정짓기 전, 검토할 수 있는 방안으로 활용될 수 있다. 이에 검증물량을 산출하고 산출서 상의 물량과 비교하여 물량을 검증하기 위해 검증물량을 산출하는 산식을 개발하였다. 산식을 개발하는 과정에 전문가 의견을 반영해야 할 필요가 있었기에 현재 견적 업무를 수행중인 실무자의 전문적 의견을 객관적으로 반영할 수 있도록 델파이기법을 활용하였다. 이를 위한 주요 연구내용 및 절차는 <Fig. 1>과 같다.

- 1) 물량산출에 대한 기존 연구문헌을 통해 견적 및 적산에 관련된 용어 정리를 통해 물량산출의 개념을 파악한다.
- 2) 현행 견적 업무프로세스의 분석을 통해 현황 분석 및 한계점을 파악하고 본 연구의 필요성과 목적을 명확히 규명한다.
- 3) 델파이 기법을 활용하여 도면으로부터 추출 가능한 정보의 규명 및 추출 방법을 도출하고 검증물량 산출 산식을 개발하여 실제 건설 프로젝트 데이터를 기반으로 검증한다.

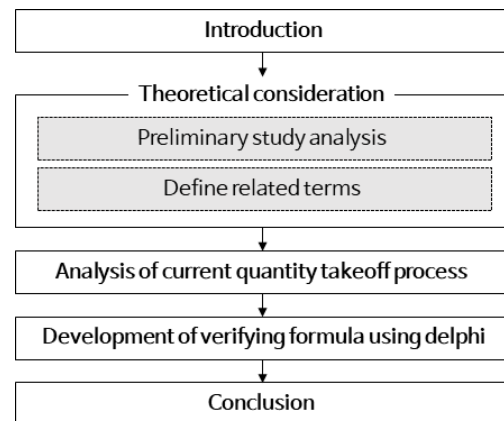


Fig. 1. Flow of the study

2. 이론적 고찰

2.1 선행연구 분석

건축공사에서 물량산출과 관련된 선행연구는 물량산출 정확도 확보 및 평가, 견적 업무프로세스 개선 측면의 연구가 주로 수행되고 있다. 주요 연구는 <Table 1>과 같다.

기존의 물량산출 정확도와 관련된 연구는 BIM기반 물량산출이 주를 이루며 모델링 가이드라인 및 업무프로세스를 개선하여 정확성을 향상시키는 것이 다수이지만, 기존의 2D CAD도면을 기반으로 하여 물량산출의 정확도를 확인 및 검증하는 연구는 미비한 실정이다. 최근 건설 산업은 BIM의

도입에 따라 이를 다양한 분야에 적용시키는 연구가 활발하게 이루어지고 있지만, 물량산출 성과물에 대한 객관적인 검증방안은 BIM 도면뿐 아니라 기존의 2D 도면 기반의 물량산출 업무에도 미비한 실정이다.

따라서 2D CAD 도면과 이를 기반으로 하는 기존의 물량산출 업무 성과물에 대한 검증방안을 위한 연구가 필요하다고 사료된다.

Table 1. Preliminary study of quantity takeoff

Category	Researcher	Contents
Evaluating accuracy of quantity takeoff	Lee (2011)	A study on the accuracy of BIM-based quantity takeoff on apartment housing finish
	Lee (2011)	A study on the development of an index for measuring the completeness of BIM-based quantity takeoff
	Cha (2015)	Analysis of the accuracy of quantity takeoff using BIM spatial objects
Improvement of quantity takeoff process	Lee (2014)	A study to reduce the amount of quantity takeoff errors by improve the working process on design phase
	Kim (2015)	A study on the strategies for building construction finishing model to improve the accuracy of BIM-based quantity takeoff
	Lee (2016)	A study on the problems and improvement of quantity takeoff standards

2.2 견적과 적산

견적은 공사에 필요한 물량을 산출한 것에 단가를 곱하여 공사비를 산정하는 작업이고, 적산은 이러한 견적업무에 앞서 공사에 필요한 자재와 같은 물량을 산출하는 작업이다. 즉, 적산은 견적업무의 시작단계로 견적은 적산을 포함한다.

견적 및 적산업무의 절차는 견적의 종류에 따라 다르게 수행되지만, 일반적으로 설계도서 입수, 적산조건 검토, 수량산출 및 단가산정, 수량 집계 및 검산, 내역서 작성, 내역서 제출 등의 순서로 진행된다(Kang, 1998). 이에 본 논문에서 다루고 있는 견적업무의 범위는 적산 단계를 의미하며, 견적 담당자가 내역서 작성 이후 물량을 검토하는 작업을 지원하고자 한다. 또한 물량산출 성과물은 적산업무를 통해 산출된 물량을 의미하여, 산출서 물량이라고도 한다.

2.3 검증물량 및 검증물량산출 산식

본 연구에서의 검증물량이란 도면으로부터 쉽게 추출할 수 있는 정보를 바탕으로 하여 산출한 대략적인 물량을 의미한다. 일반적으로 물량을 산출하기 위해 구역을 세분화하고 적산 산식을 활용하여 세부적인 사항을 모두 확인하는 것과 달리, 검증물량은 이를 구분하지 않는다. 예를 들어 <Fig. 2>와 같이 일반적인 적산업무의 물량산출에서는 슬래브에 Deck 부재를 사용할 경우 각 판을 각각 산출하고 단차보강, 마구리 거푸집 등을 자세하게 산출한다. 그러나 검증

물량을 사용할 경우 Deck, 단차 등 구역을 나누지 않고 도면으로부터 단순히 추출할 수 있는 외곽면적 및 둘레길이, 개구부 면적 및 둘레를 활용하여 산출하므로 검증물량은 산출서 물량과는 차이가 발생한다.

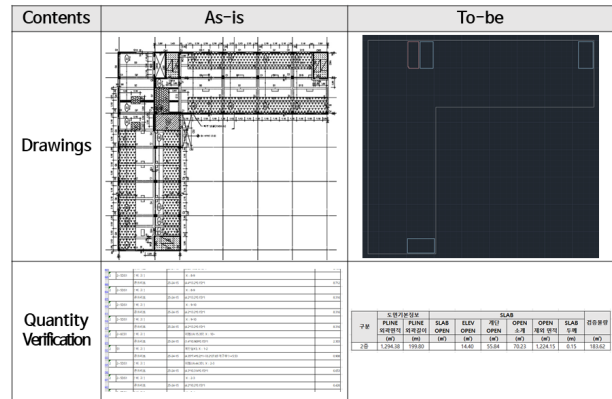


Fig. 2. Comparison of quantity takeoff method

그러나 검증물량 또한 동일한 도면을 바탕으로 산출하는 것이며 산출서 물량과 유사한 수치가 나타날 것으로 생각된다. 이에 도면정보를 바탕으로 산출한 검증물량과 산출서 물량을 비교했을 때, 특정범위 내에 속하는 유사한 값이 도출될 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 현재 견적 업무에 주어진 시간이 촉박하고 작업인원이 부족한 등의 한계를 극복하기 위해 검증물량을 활용하여 최소한의 인원이 최단 기간 내에 물량산출의 오류를 찾아내고 ±5%의 오차율을 가지는 정확도를 확보하는 것을 목표로 한다.

2.4 허용오차범위

일반적으로 샘플 검증은 t-검정 등의 표준정규분포를 따르는 검증방법이 가장 많이 활용되며, 이때 사용되는 신뢰수준은 99%, 95%, 90%다. 하지만 수용될 수 있는 불확실성의 크기, 불확실성을 감소시키기 위해 수반되는 비용 및 오류가 야기하는 비용 등으로 가장 효율적인 신뢰수준을 결정하는데 일반적으로 가장 많이 사용되는 신뢰수준은 95%로 허용오차범위가 5%다(Ahn, 2014). 이에 본 연구에서는 검증물량과 산출서 물량을 비교하여 각 표본의 검증 오차범위가 5% 이내일 경우, 산출서 물량이 타당하다고 판단한다. 이에 검증물량을 산출하기 위한 산식을 개발하고 이를 '검증물량산출 산식'이라고 한다.

3. 현행 견적업무 현황 분석

물량산출 성과물의 검증방안을 개발하기에 앞서, 현행 견적업무를 분석하여 문제점이 도출되고 효율적인 방안을 제시하기 위하여 전문가 설문조사 및 인터뷰가 수행되었다.

현재 견적업무 절차는 설계도서 검토, 물량산출, 직접공사원가 산정, 간접공사비 산정, 순공사원가 산출, 총 공사원가 산정, 총 공사비 산정 등과 같은 순서로 진행된다(Kim, 2011). 즉, 설계도서 검토 이후 산출한 물량이 총 공사비를 산정하는 단계까지 영향을 미치게 되며, 정확한 물량산출이 선행되어야 정확한 공사비가 산출된다. 그러나 앞서 기술한 바와 같이 촉박한 일정에 의해 물량산출 이후 작업한 성과물에 대한 검증 작업은 미비한 실정이다(Lee, 2014). 이에 국내 적산 전문가 48명을 대상으로 설문조사가 수행되었다.

설문조사의 총 인원은 48명이며, 10년 이상의 경력을 가진 인원은 31명으로 64.6%를 차지했다. 그 외에도 1년 미만 3~5년 7명(14.6%), 1~2년 5명(10.4%), 1년 미만 3명(6.3%), 6~9년 2명(4.2%) 순으로 응답자의 경력이 <Fig. 3>과 같이 다양하게 분포된다.

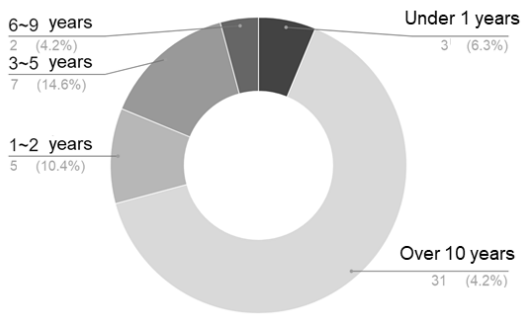


Fig. 3. Survey of experts - Experience

설문조사 질문은 현재 물량산출 한 성과물에 대한 만족도, 검증방안의 필요성, 현재의 검증업무 여부, 인원 및 시간 등으로 구성된다.

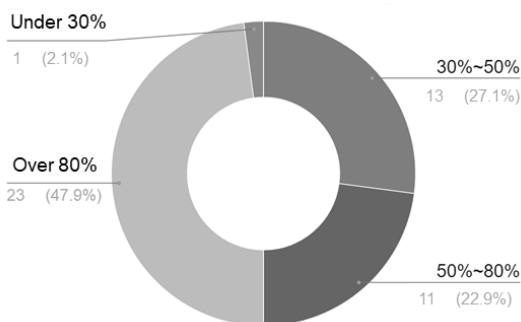


Fig. 4. Survey of experts - Satisfaction of the results

물량산출 성과물 만족도 질문에 대하여 <Fig. 4>와 같이 응답자 23명(47.9%)이 80% 이상, 11명(22.9%)이 50~80% 정도 만족한다고 응답하였다. 그러나 14명(29.2%)의 응답자는 만족도가 50% 이하라고 답하였다. 이에 물량산출 검증방안이 필요한가에 대한 질문에 대하여 <Fig. 5>와 같이 응답자

38명(79.2%)이 물량산출 검증방안이 필요하다고 응답하였다. 특히 23명(47.9%)은 매우 그렇다는 긍정을 나타냈다.

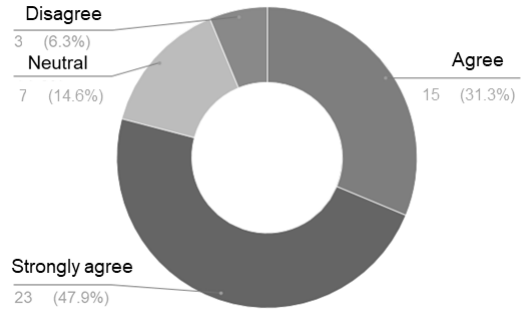


Fig. 5. Survey experts - Necessary of verification

그러나 자체적인 물량산출 성과물 검증 절차를 거치는지에 대한 질문에는 <Fig. 6>과 같이 27명(56.3%)으로 과반의 응답자가 그렇다고 하였고, 그 외의 21명(43.8%)은 그렇지 않다고 하였다. 이는 검증방안이 필요하다는 응답에 비하여 실무에 있어 검증을 하지 않는 경우도 다수 있는 것을 의미한다.



Fig. 6. Survey of experts - Current process

검증절차를 거치지 않는 원인으로는 <Fig. 7>과 같이 촉박한 납품기한이 79.5%, 검증인력 부족이 54.5%로 응답 비율이 가장 높았다. 설문문의 내용을 종합하면, 물량산출의 성과물에 정확도와 별개로 작업자는 이에 대한 검증절차가 필요하다고 생각하지만, 견적업무에 주어진 업무시간 및 전문 인력의 부족으로 인해 이를 생략하는 경우가 다수 있는 것으로 나타났다.

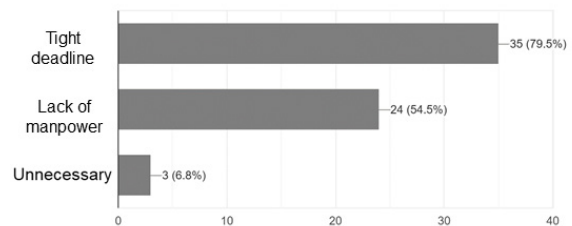


Fig. 7. Survey of experts - Main reasons for not verifying

또한 물량산출 성과물에 대한 검증절차를 거친다는 응답자를 대상으로 검증범위, 소요기간, 인력에 대하여 조사한 결과는 <Fig. 8>과 같다. 검증절차를 거치는 대상 중 모든 항목에 대하여 검증절차를 거치는 경우는 10명(37.0%)으로 과반이 되지 않았다.

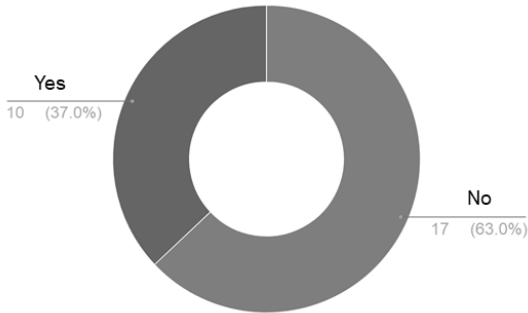


Fig. 8. Survey of experts - Verification performed

또한 물량산출 성과물을 검증하는 인원은 <Fig. 9>와 같이 1인이 19명(70.4%)으로 가장 많았고, 최대 2인을 초과하지 않았다. 이는 검증업무를 수행할 수 있는 인원이 부족함에 대한 근거로 사료된다. 또한 현재 물량산출 성과물 검증업무에 18명(66.7%)이 1~2일이 소요된다고 응답하였으며, 이는 검증업무를 수행하더라도 많은 시간을 소요하는 것에 대해 어려움이 있다는 것을 의미한다.

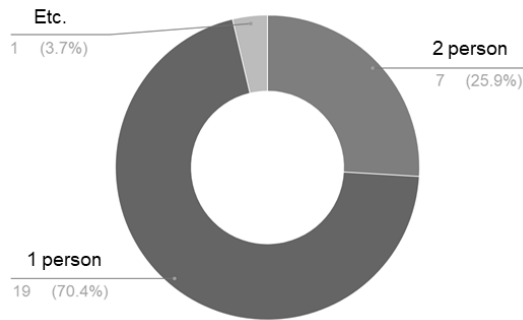


Fig. 9. Survey of experts - Manpower for verification

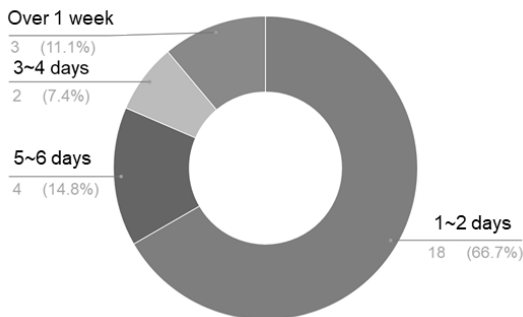


Fig. 10. Survey of experts - Terms for verification

마지막으로 응답자 전원에 대하여 1인이 1일을 소요하여 수행할 수 있는 물량산출 성과물 검증방안이 있다면 활용할 의향이 있는가라는 질문에 43명(89.6%)으로 대다수의 응답자가 긍정적인 답변을 하였다.

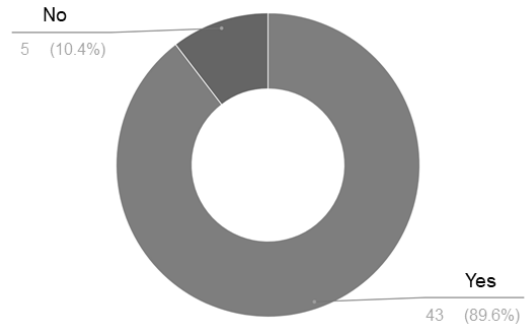


Fig. 11. Survey of experts - Necessity of verification method

실무적인 문제점의 상세 내용 파악과 실무 활용성이 높은 검증 방안을 제시하기 위하여 설문 결과의 바탕으로 4명의 전문가에게 심도 있는 면담을 진행한 결과, 현재는 보편적인 검증방안이 없으며 숙련된 작업자가 산출서 물량을 확인하고 콘크리트와 철근 물량을 비교하는 것과 같이 경험에 의존하는 경우가 가장 많았다. 이 방안은 경력이 많지 않아 숙련도가 낮은 작업자의 경우 물량산출 성과물을 검토하여도 오류를 찾지 못하는 경우가 있다는 문제점이 있다. 또는 작업자가 산출한 물량을 다시 산출하는 것으로 검증절차를 거치는데, 이는 모든 항목에 대하여 검증하는 것에 어려움이 있으며 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

즉 현재의 견적 검증업무는 보편적인 검증방안이 미비한 실정이며, 작업자의 경험 및 지식에 의존하는 경향이 높아 일관성과 정확도 확보가 미흡한 실정이다. 이에 본 연구의 목적인 최단기간 내에 최소인력으로 물량산출 성과물에 대한 검증업무를 수행할 수 있는 검증방안의 개발이 현행 문제점을 해소할 수 있는 연구로서 가치가 높다고 판단된다.

4. 델파이를 활용한 검증물량산출 산식 개발

4.1 델파이 기법의 개요

본 논문에서는 검증물량을 산출하는 산식을 개발하기 위해 전문가의 의견을 객관적으로 반영할 수 있도록 델파이(Delphi) 분석기법이 사용되었다. 델파이 기법은 전문가 집단을 대상으로 설문조사 및 논의를 실시하여 이를 종합하고 정리하는 패널식 조사연구 방법이다. 즉, 토론 집단이 복합적인 문제를 효과적으로 취급할 수 있도록 참여자들의 의사소통 과정을 구조화하는 것이다(Lee et al., 2016).

델파이 기법의 경우 설문조사 응답자에게 다른 사람들의

정보와 의견이 피드백 될 수 있도록 고안된 방법이며, 참가자들이 시간과 공간의 제약을 받지 않고 집단성원의 합의를 유도해낼 수 있는 조사방법이다(Kang, 2008). 이때 전문가 집단의 선정은 연구주제에 관련된 그 분야의 전문가로 구성되며, 대상자의 대표성, 적절성, 전문적 지식 능력, 참여의 성실성, 대상자의 수 등이 신중하게 고려되어야 한다(Choi et al., 2013).

4.2 1차 델파이

델파이 분석을 수행에 앞서, 검증물량을 산출하기 위한 산식을 개발하기 위해 도면으로부터 추출할 수 있는 정보와 추출 방법을 정리하여 <Table 2>와 같이 나타내었다.

Table 2. Data extraction methods from drawings

No.	Data	Extraction method
1	Floor area	Measure the area by drawing along the border with Pline in the structural plan view
2	Specifications of footing	According to the standard specified in the table
3	Amount of individual footing	Count the amount of individual footing in the structural plan view
4	Area of continuous footing	Measure the area by drawing along the border with Pline in the structural plan view
5	Area of mat foundation	Measure the area by drawing along the border with Pline in the structural plan view
6	Thickness of slab	Measure from structural cross-section
7	Floor height	Measure from structural cross-section
8	Sectional area of wall	Measure the area by drawing along the border with Pline in the structural plan view
9	Specifications of column	According to the standard specified in the table
10	Amount of column	Count the amount of column in the structural plan view
11	Specifications of beam	According to the standard specified in the table
12	Length of beam	Draw the lines in the structural plan view and sum the length of each object

검증물량산출 산식은 도면으로부터 추출한 정보를 활용하여 부재의 물량을 산출한다. 이에 부위별 물량을 산출하기 위해 필요한 정보를 나타낸 것은 <Table 3>과 같다.

Table 3. Information required for each Region

Region	Data extracted from drawings											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Foundation	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
Slab	✓					✓						
Wall							✓	✓				
Column							✓		✓	✓		
Beam											✓	✓

이에 추출한 정보를 활용하여 부위별 물량을 산출하는 산식의 구성은 <Table 4>와 같다.

Table 4. Verification Quantity Takeoff Formula for each Region

Region	Verification quantity takeoff formula	Note
Foundation	Foundation floor area × Height	· Except quantity of haunch, strengthening, slope etc.
Slab	(Floor area - ΣOpening area) × Slab thickness	
Wall	Sectional area of wall × (Floor height - Deduction) + Sectional area of parapet × Height of parapet	
Column	Amount of column × Sectional area of representative member × (Floor height - Slab thickness)	
Beam	(Length of beam - Circumference length of column × Amount of column) × (Representative member Beam depth - Slab thickness) × Representative member beam width	

1차 델파이 분석에 참여한 전문가는 총 11명으로, 전원 산업체 종사자로 구성되었으며 <Table 3>을 바탕으로 작성한 산식 <Table 4>에 대해 분석을 수행하였다. 그 결과 도출한 산식에 대해 실무적으로 합당하다고 판단되어 산출한 물량에 대한 검증을 수행하였다. 대상으로 한 샘플프로젝트는 ○○사육 교육동이며 개요는 <Table 5>와 같다.

Table 5. Sample building information

Contents	Detail	
Project Name	○○ Office Building	
Purpose of Use	Educational Facility	
Gross Floor Area (㎡)	Superstructure	7,480.51 ㎡
	Substructure	3,191.97 ㎡
	Total	10,672.48 ㎡
Structural Type	7-Story Office Building with basement	
Analysis Object Range	Reinforced Concrete	

이에 도면 정보를 대입하여 산출한 검증물량과 산출서 상의 물량을 비교한 결과는 <Table 6>과 같다.

Table 6. Analysis of quantity for region

Contents	Verification Quantity(A) (㎡)	Statement Quantity(B) (㎡)	Ratio(B/A) (%)
Foundation	2,054.98	2,135.40	103.91
Slab	1,590.10	1,667.99	104.90
Wall	1,119.90	1,091.75	97.49
Column	343.47	303.13	88.26
Beam	1,129.98	1,276.95	113.01
Total	6,238.43	6,475.22	103.80

분석한 결과 전체 콘크리트 물량의 합계는 설정한 오차범위 내에 해당하지만, 기둥과 보의 경우 각각 88.26%, 113.01%로 허용오차범위를 벗어나 이에 대한 조정이 필요하다고 판단되었다.

4.3 2차 델파이

2차 델파이 분석에서도 1차 델파이 분석과 동일한 전문가(산업체 11명)를 대상으로 허용오차범위를 벗어난 부위에 대한 층별 분석을 수행하였다.

4.3.1 기둥

1차 델파이 분석을 통해 작성한 기둥의 검증물량산출 산식을 적용한 내역을 층별로 분석한 결과 <Table 7>과 같이 지하 1층을 제외한 모든 층이 허용오차범위에 한참 미치지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 검증물량산출 산식을 재검토하였다.

Table 7. Analysis of quantity for column

Contents	Verification Quantity(A) (m)	Statement Quantity(B) (m)	Ratio(B/A) (%)
PH1			
6F	43.75	36.17	82.67
5F	40.57	35.85	88.37
4F	40.57	35.85	88.37
3F	40.57	35.85	88.37
2F	40.57	35.88	88.44
1F	55.37	44.41	80.21
B1	82.06	79.13	96.43
Total	343.47	303.13	88.26

기둥의 경우 벽체와 동일한 층고를 적용하여 오차범위에 해당하는 검증물량을 산출하였으므로, 층고가 아닌 기둥의 규격을 일괄적으로 적용한 것에 의해 오차가 큰 것으로 판단되었다. 이에 기둥 물량산출 내역서의 부재별 산출서에 대한 분석이 실시되었다. 부재별 산출서 분석 결과, 검증물량 산출 산식에 사용된 기둥과 보의 대표규격과 실제 산출된 규격에 차이가 있음을 확인하였다. 따라서 기존의 기둥 규격을 일괄적으로 적용한 방식과 달리 층별로 가장 많이 사용된 가로 규격과 세로 규격을 각각 추출하였다.

Table 8. Verification Quantity Takeoff Formula for column

Region	Verification quantity takeoff formula	Note
Column	Amount of column × Representative width of column × Representative longitude of column × (Floor height - Slab thickness)	

Table 9. Analysis of quantity for column - modified

Contents	Verification Quantity(A) (m)	Statement Quantity(B) (m)	Ratio(B/A) (%)
PH1			
6F	37.5	36.17	96.45
5F	34.78	35.85	103.08
4F	34.78	35.85	103.08
3F	34.78	35.85	103.08
2F	34.78	35.88	103.16
1F	42.53	44.41	104.42
B1	82.06	79.13	96.43
Total	301.21	303.13	100.64

이에 수정된 검증물량산출 산식은 <Table 8>과 같으며, 이를 적용한 결과는 <Table 9>와 같다. 분석한 결과 1차 델파이 분석에서 허용오차범위를 벗어났던 기둥의 검증물량이 100.64%로 허용오차범위 내에 해당되었다. 이에 수정한 기둥 검증물량산출 산식이 유의미하다고 판단되었다.

4.3.2 보

1차 델파이 분석을 통해 작성한 기둥의 검증물량산출 산식을 적용한 내역을 층별로 분석한 결과 <Table 10>과 같이 1층을 제외한 모든 층이 허용오차범위를 벗어나는 것으로 나타났다.

Table 10. Analysis of quantity for beam

Contents	Verification Quantity(A) (m)	Statement Quantity(B) (m)	Ratio(B/A) (%)
PH1		0.3	
6F	132.33	124.64	94.19
5F	105.82	131.88	124.63
4F	105.8	132.71	125.43
3F	105.67	132.73	125.61
2F	105.95	132.67	125.22
1F	131.6	131.7	100.08
B1	442.8	490.31	110.73
Total	1,129.98	1,276.95	113.01

PH1의 경우, 인방보가 존재하지만 보와는 다른 개념이므로 검증물량으로 산출되지 않았다.

보의 경우 보 폭이 큰 영향을 미치므로 기둥과 동일하게 일괄적으로 적용할 규격을 선정한 것으로 인한 오차가 발생한 것으로 파악되었다. 따라서 보 물량산출 내역서의 부재별 산출서에 대한 분석이 실시되었다. 부재별 산출서 분석 결과, 검증물량산출 산식에 사용된 규격과 실제 사용된 보 굵기와 보 폭에 차이가 있음을 확인하였다. 또한 2차 델파이 분석을 통해 수정한 기둥 물량산출 산식에 의해 보 물량에서 공제하는 기둥의 물량이 달라졌기에 이를 적용하였다. 이에 수정된 검증물량산출 산식은 <Table 11>과 같으며, 이를 적

용한 결과는 <Table 12>와 같다.

Table 11. Verification Quantity Takeoff Formula for beam

Region	Verification quantity takeoff formula	Note
Beam	(Length of beam - Circumference length of column × Amount of column) × (Representative Beam depth - Slab thickness) × Representative beam width	

Table 12. Analysis of quantity for beam - modified

Contents	Verification Quantity(A) (m)	Statement Quantity(B) (m)	Ratio(B/A) (%)
PH1		0.3	
6F	130.96	124.41	95.00
5F	130.91	124.73	95.28
4F	130.89	124.73	95.29
3F	130.71	124.73	95.42
2F	131.06	124.72	95.16
1F	130.16	123.75	95.08
B1	471.73	489.07	103.68
Total	1,256.42	1,236.45	98.41

분석한 결과 1차 델파이 분석에서 허용오차범위를 벗어났던 보의 검증물량이 98.41%로 허용오차범위 내에 해당되었다. 이에 수정한 기둥 검증물량산출 산식이 유의미하다고 판단되었다.

4.4 델파이 기법 결과 분석

문헌 및 자료 분석과 전문가 자문을 통해 도출된 <Table 2>의 도면으로부터 추출할 수 있는 정보 및 정보의 추출 방법과 <Table 3> 부위별 정보부터 2차에 걸친 델파이 분석을 통해 <Table 4>와 같이 허용오차범위 ±5%에 해당하는 검증물량을 산출하기 위한 산식을 개발하였다.

Table 13. Verification Quantity Takeoff Formula - modified

Region	Verification quantity takeoff formula	Note
Foundation	Foundation floor area × Height	· Except quantity of haunch, strengthening, slope etc.
Slab	(Floor area - ΣOpening area) × Slab thickness	
Wall	Sectional area of wall × (Floor height - Deduction) + Sectional area of parapet × Height of parapet	
Column	Amount of column × Representative width of column × Representative longitude of column × (Floor height - Slab thickness)	
Beam	(Length of beam - Circumference length of column × Amount of column) × (Representative Beam depth - Slab thickness) × Representative beam width	

이 과정을 통해 먼저 활용할 수 있는 정보와 필요한 정보를 정립하였다. 이후 전체 부위에 대한 검증물량산출 산식을 개발하였고, 보완이 필요한 부위인 기둥과 보에 대해 2차 델파이 분석을 수행하여 <Table 13>과 같이 검증물량산출 산식을 개발하였다.

또한 수정한 검증물량산출 산식을 적용하여 비교한 결과는 <Table 14>와 같으며, 기존의 103.8%보다 정확도가 향상된 101.77%로 나타났다.

Table 14. Analysis of quantity for region - modified

Contents	Verification Quantity(A) (m)	Statement Quantity(B) (m)	Ratio(B/A) (%)
Foundation	2,054.98	2,135.40	103.91
Slab	1,590.10	1,667.99	104.90
Wall	1,119.90	1,091.75	97.49
Column	301.21	303.13	100.64
Beam	1,256.42	1,236.45	98.41
Total	6,322.61	6,434.72	101.77

5. 결론

건설 프로젝트에서 물량산출 성과물에 대한 검증업무는 견적의 기초자료로서 공사비산정에 매우 큰 영향을 미치는 매우 중요한 업무임에도 불구하고, 보편적인 방안이 미비하고 작업자의 경험에 의존하는 경향이 높으며, 촉박한 기한 등의 문제로 인해 모든 항목에 대한 효율적인 검토가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 델파이 기법을 활용하여 최단기간 내에 최소인원으로 콘크리트 물량에 대해 수행할 수 있는 검증방안으로 검증물량산출 산식을 개발하였다.

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 먼저 이론적 고찰로써 견적과 물량산출 정확도에 관한 선행연구를 분석하고 견적에 대한 문헌조사를 수행하였다. 또한 본 연구에 사용되는 물량산출 성과물, 검증물량과 같은 용어를 정의하고 현행 견적업무에 대한 조사를 수행하였다. 이후 도면으로부터 추출 가능한 정보와 추출 방법, 물량을 산출하기 위해 필요한 정보를 정립하였다. 또한 전문가를 대상으로 델파이 분석을 활용하였으며, 이러한 델파이 분석의 결과로 도출된 검증물량산출 산식은 실제 프로젝트 데이터를 활용하여 실무에서의 검증방안으로 활용될 수 있다.

본 연구는 작업자가 산출한 물량을 확인할 수 있는 가이dra인이 되는 검증방안을 제시하였으며, 이를 위해 검증물량산출 산식이 개발되었다. 이로 인해 작업자가 산출한 물량에 대한 신뢰도를 확보하고 효율적인 견적업무의 수행이 가능할 것으로 기대된다. 또한 현업에서 가장 많이 사용하고 있는 Auto CAD를 기반으로 수행하였으며, 기존에 수행된

프로젝트 데이터를 바탕으로 연구를 수행하여 실무에 적용이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구의 성과물은 골조공사 중 콘크리트 물량만을 대상으로 수행하였기 때문에 범위적인 한계를 가지고 있다. 따라서 향후 연구에서는 본 논문의 결과를 기반으로 거푸집, 철근 등을 포함하는 골조공사의 전체 물량, 더 나아가 건축공사 전체 물량에 대한 검증물량산출 산식을 개발하여 확장된 검증방안을 개발하는 연구가 지속될 수 있다. 또한 2D CAD 도면을 기반으로 하는 것과 유사하게 BIM모델로부터 정보를 추출하여 활용할 수 있는 검증방안 개발이 가능할 것이며, 이는 검증방안 자동화시스템의 개발로 진전되어 보다 신속하고 정확하게 물량산출 검증 업무의 수행을 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

References

Ahn, S.C. (2014). *Forward-Looking Probability and Statistics*, 1st ed. HANBIT Academy Press, Seoul, pp. 223-303.

Choi, C.H., Han, C.H., and Lee, J. (2013). "An Effective Logistics Process Modeling for Plant Projects." *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, 29(5), pp. 87-95.

Jeong, K.S., and Lim, N.G. (2013). "A basic study on the reduction of loss rate of the reinforcing steel and quantity using of object-oriented cad-based program." *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, AIK, 15(5), pp. 251-258.

Kang, K.I. (1998). *Architectural Quantity Surveying*, 1st ed. Gold Press, Seoul, pp. 13-208.

Kang, Y. (2008). "Understanding and Application Example of Delphi Technique." *Korea Employment Agency for the Disabled*, Frequent Task Report, 2008-20.

Kim, C.S. (2011). "A Study on the Modeling Method for Material Take-Off of BIM based Framework." MS thesis, Gyeongsang National Univ., Jinju.

Kim, H.S., Choi, J.S., and Kim, I.H. (2013). "A Methodology of Open BIM-Based Quantity Take-Off for Schematic Estimation of Frame Work in Super-Tall Buildings." *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning&Design*, AIK, 29(5), pp. 31-38.

Land and Housing Institute of Korea (LH). (2017). *Korea Land & Housing Corporation*, Technical Report, 2017-00.

Lee, D.Y., Choi, C.H., Won, S.K., Cho, M.Y., Han, C.H., and Lee, J. (2016). "The Development of a Standardized Work Process for Planning for Planning of Plant Project - Focus on Excavating and Investing Participation Plan-." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 17(4), pp. 3-11.

Lee, H.S. (2014). "An improvement of the quantity take-off process for reducing errors during detailed design development of building projects." MS thesis, Chung-Ang Univ., Seoul.

Lee, M.K. (2011). "A Study on the Accuracy of BIM-based Quantity Take-Off of Apartment Interior." MS thesis, Sungkyunkwan Univ., Seoul.

Park, Y., and Lee, K.H. (2013). "Calculation of the Attached Piping Material Rate for Simplification of Estimation Work in Apartment with Individual Heating System." *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, AIK, 15(1), pp. 107-114.

Public Procurement Service (2018). *Analysis of Construction Expenses Classified by Public Facilities*, 1st ed. Kyung Sung Press, Daejeon, pp. 10-67.

Song, A.R., Kang, K.S., and Yun, S.H. (2015). "Improvement of Quantity Take-Off and BOQ Information through the PBS based QDB System." *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, AIK, 31(2), pp. 73-80.

Zen, Z.S. (2017). "Public Issues on Unfair Bidding - Focused on Period for Estimate and Estimated price." *Journal of the European constitutional Law Association*, EUC, 24, pp. 457-488.

요약 : 견적업무는 공사비를 산출하는 것을 목적으로 수행되며, 단가정보와 물량정보의 곱으로 산출되므로 성공적인 건설 프로젝트의 수행을 위해 정확한 물량산출이 선행되어야 한다. 또한 현재 견적 전문가를 대상으로 한 설문조사에 의하면, 물량산출 성과물에 대한 만족도가 높음에도 불구하고 이에 대한 검증작업이 필요하다는 의견이 다수이다. 그러나 현재는 견적 작업자의 경험도에 의존하는 등 객관적인 검증방안이 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 작업자 개개인의 업무능력에 의존하지 않고 검증할 수 있는 검증방안을 제안하였다. 제안하는 검증방안은 산출서 물량과 비교하여 $\pm 5\%$ 의 오차를 가지는 검증물량을 산출하여 산출한 물량에 대한 가이드 라인을 제시하였다. 이를 위해 기존에 수행된 프로젝트 데이터를 활용하여 도면 및 산출서를 분석하고, 도면으로부터 정보를 추출하여 검증물량을 산출할 수 있는 산식을 개발하여 검증물량산출 산식이라고 정의하였다. 본 연구의 결과인 검증물량산출 산식은 최단 기간 내에 최소인원으로 물량산출 성과물에 대한 검증업무를 수행할 수 있게 하는 것을 목적으로 한다. 이로 인해 작업자가 산출한 물량에 대한 신뢰도를 확보할 수 있을 것으로 생각되며, 오류가 발생한 항목에 대한 검토가 수행됨에 따라 효율적인 견적업무가 가능하게 될 것으로 기대된다.

키워드 : 물량산출, 검증방안, 철근콘크리트 구조, 콘크리트 공사