

철근콘크리트조의 골조물량산출 알고리즘

Algorithm for the Reinforced Concrete Framework Materials Take-off

김태희* · 홍채곤** · 김선국***

Kim, Tae-Hui · Hong, Chae-Gon · Kim, Sun-Kuk

요 약

적산분야에서 CAD 시스템의 도입은 생산성과 작업능률에 크게 영향을 미치고 있고, 물량산출 자동화에도 상당한 영향을 미쳤으나 정미량 산출에는 아직 미흡하다. 또한 지금까지 개발된 적산 프로그램들은 각각의 부재별 물량산출을 다루고 있어 부재와 부재가 겹치는 경계부분 물량산출은 한계를 노출하고 있다. 따라서 본 연구는 부재와 부재가 겹치는 경계부분의 특징을 분석하여 물량산출 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

본 연구의 범위는 골조공사 가운데 콘크리트와 거푸집 물량산출 알고리즘을 대상으로 하였다. 본 연구의 결과로 제시된 알고리즘을 적산 프로그램에 적용할 경우 콘크리트와 거푸집 물량산출이 정밀하게, 그리고 자동으로 수행되어 공사관리의 효율화를 기할 수 있다.

키워드 : 골조공사, 물량산출, 알고리즘

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

산업 전반에 걸친 기술의 혁신과 발달에 따라 건설 기술도 커다란 변화를 맞이하고 있으며 이에 따라 우리나라 건설업도 종래의 양적인 성장 추구, 노동집약적 구조 등의 양상에서 탈피하여 경쟁력을 강화하고 수익성을 향상하기 위해 노력을 경주하고 있다. 이의 일환으로 건설업에서는 큰 관심과 적극적인 투자의지로 많은 부분에 전산화를 이룩해 왔다(김문한 외 1991).

1980년대 중반 이후 하드웨어의 대중화와 소프트웨어의 발달에 따라, 건설 및 제조업 관련 회사에서 설계의 과학화를 목적으로 광범위하게 CAD를 도입하여 사용해 왔다(임철호 1995). 그러나 건축 분야에서는 1980년대 말 이후 단순 설계 보조 도구로서의 CAD가 아니라, CAD에 의해 작성된 도면 내에 실려 있는 비도형 정보(nongraphic information)를 이용함으로써, 물량 산출은 물론 법규 해석, 구조 해석, 건물의 일사량 분석 등을 수행하는 방안에 대하여 연구가 진행된 바 있다. 대 한주택공사에서는 구조 부문에 대한 물량 산출 자동화 연구를

1992년까지 2차에 걸쳐 수행(최재필 외 1991; 윤기병 외 1992)한 바 있고, 골조 물량산출 방법이 개발되었다.

그러나 아직까지 각각의 부재들이 서로 만나는 경계조건(boundary condition)에 대한 물량 산출 방법론의 정립은 많이 이루어지지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 골조 물량에서 콘크리트, 거푸집 부재들의 경계조건을 고려한 물량산출 방법론을 정립하고, 이에 따른 물량산출 알고리즘 개발을 목적으로 한다.

1.2 연구 범위 및 절차

본 논문에서는 철근콘크리트로 구축된 라멘과 벽식구조의 콘크리트, 거푸집 물량산출 알고리즘을 개발하고자 한다. 본 연구에서 제시하는 알고리즘이 개발되었을 때 궁극적으로 골조공사 관리시스템 개발의 기반이 된다. 본 연구의 절차는 다음과 같고(그림 1 참조), 공사 관리를 위한 시스템 구현은 추후 연구과제로 수행할 것이다.

- 1) 국내외에서 이미 개발되어 운영 중인 골조공사 관련 시스템 분석
- 2) 골조공사관련 연구문헌 조사
- 3) 기존 골조 물량 산출 자동화 시스템 개발에서 각 부재별 경계조건에 대한 표준 알고리즘의 필요성 검토
- 5) 기존 전적 프로그램의 골조 물량 산출 방법론에서 각 부재의 경계조건에 대한 물량 산출 알고리즘 연구내용 분석

* 학생회원. 경희대 대학원 박사수료

** 학생회원. 경희대 대학원 석사과정

*** 종신회원. 경희대 토목건축공학부 교수, 공학박사

† 이 논문은 2000년 감로건설(주)의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

- 6) 골조 물량에서 콘크리트, 거푸집의 각 부재별 경계조건에 대한 물량 산출 알고리즘 기준 정립
- 7) 골조 물량 산출 (콘크리트, 거푸집) 각 부재별 경계조건에 대한 알고리즘 개발

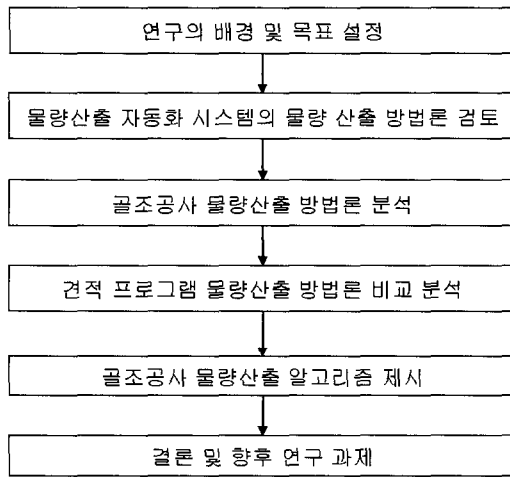


그림 1. 연구의 흐름도

2. 예비적 고찰

2.1 기존 시스템 현황

현재 국내에서 활용하고 있는 견적프로그램은 2 차원 평면의 도면과 시방서를 견적 전문가가 숙지하여 프로그램에 수작업으로 도면 정보를 입력하면, 견적 프로그램은 짜여진 공식에 의하여 물량을 산출하고 기존의 단가데이터로 내역서를 작성하는 형식을 지니고 있다(오세욱 2000). 국내에서 활용되는 견적 프로그램의 특징은 표 1과 같다.

2.2 국내 연구 동향

우리나라에서는 1980년대 후반 이후 급격한 건설물량의 증가에 따른 기능인력의 부족에 의해 인력 소요가 큰 구체 공사의 시공품질 및 구조체 안정성 등에 많은 영향을 미치게 되었다. 대한주택공사에서는 구조 부문에 대한 물량 산출 자동화를 위한 연구를 1992년까지 2차에 걸쳐 수행(최재필 외 1991; 윤기병 외 1992)한 바 있다. 이 중 1991년에 수행된 설계 도면에서의 물량 산출 자동화 연구(I)는 공사 발주에 이용할 공사비 내역서를 작성할 때 필요한 물량을 CAD 패키지를 통해 작성된 도면으로부터 자동으로 추출할 수 있는 방법론의 개발과, 이를 응용한 물량 산출 전산화 시스템을 시험 개발하는 것이다. 또한 이 연구는 건설 공사의 단계 중 설계에서 발주에 이르는 과정에서 도면 작성과 물량 산출에 관련된 업무를 전산화함으로써, 주공 설계 업무가 지향하고 있는 통합 설계 전산화(total CAD) 시

스템 구축의 실천적 방향 및 기본 골격을 제시하는데 그 의의를 두고 있다. 1990년대 후반에는 3D차원 CAD와 인공지능(AI : Artifice Intelligence), 객체지향 모델(OOT : Object Oriented Technology), 전문가 시스템(expert system) 등을 이용하여 건설 정보 통합시스템을 위한 프로덕트 모델에 대한 연구가 많이 제시되고 있다. 그러나 각 부재의 경계조건에 대한 연구는 미흡한 점이 많다.

표 1. 국내 견적프로그램의 특징

| | 골조 프로그램 | 단가 프로그램 |
|-------|---|---|
| 산출 방법 | · 기초, 기둥, 보, 벽 등의 부위별로 물량산출 · 작업자가 도면 정보를 숙지하고 부재, 재료 치수를 입력 | · 일위대가 목록에 의해 내역서 작성 · 산출된 물량을 내역 항목에 연동하고 단가 대입 |
| 특이 사항 | · 각 동별, 층별로 구분 · 타입별 기본자료 형성되어있고, 주 자료형식을 구별하여 입력 · 철근의 이름 및 정착길이에 대한 계산은 집계처리 후 종류에 따라 할증율을 고려하여 계산 · 집계된 물량을 내역서로 전송 | · 골조, 마감 물량을 내역으로전송 · 자체 단가 데이터 저장 가능 · 주택공사, 조달청 등의 데이터 파일 저장 · 원가 계산 항목 처리 |

2.3 국외 연구 동향

미국의 경우 CAD 부문 연구는 가장 활발히 진행되고 있으나 1990년까지만 해도 물량 산출 및 견적 자동화를 추진하고 있다. 그리고 CAD에 의한 자동화는 1990년 이후에 집중적으로 연구되어 왔다(이승원 1996). CAD에 의한 통합 설계시스템은 UCLA의 Charles M. Eastman, 하버드대학의 William J. Mitchell 등에 의해 집중 연구되어 상당한 이론적 발전을 이루고 있다. 1997년에는 3차원 CAD를 이용하여 철근 콘크리트 구조물을 컴퓨터와 통합시키는 방안을 제시하였으며, 이 연구의 목적은 컴퓨터를 기반으로 하는 3차원 CAD를 건설공사에 접목시키는 방안을 제시하는데 있다.

영국의 경우에는 설계와 시공 과정을 컴퓨터로 통합관리(CIDAC : Computer Integrated Design And Construction) 하는 설계 자동화 및 통합 시설물 관리에 관한 연구(이해남 1995)를 진행하였다. 이와 관련한 분야는 설계 전산화, 원가 관리의 통합화, 설계 및 시공의 정보관리 통합화 등이 있으며, 최근에는 건설 생산 과정의 각 단계마다 발생하는 정보를 적당한 목적에 맞도록 업무 협력을 통하여 빌딩 건설의 설계단계와 시공단계 과정을 통합하여 관리하는 방안에 대한 연구를 제시한 바 있다. 일본의 경우 CAD 관련 소프트웨어를 전적으로 미국과 영국에 의존하나, 대형 건설 업체가 자체적으로 건설 통합 시스템(CICS) 차원에서 응용 연구가 진행하고 있다(한충희 외 1994).

3. 골조물량 산출 방법론 분석

3.1 골조물량 산출 방법론

(1) 기초

기초는 기초 콘크리트와 버림 콘크리트로 구분되고 온통 기초인 경우 슬로프가 없으므로 여기에 대한 부분은 무시할 수 있다. 기초 콘크리트와 버림 콘크리트의 체적은 각 콘크리트가 타설되는 바닥면적에 두께를 곱하여 산출되어지고, 거푸집 면적은 각 콘크리트의 외부 둘레 길이에 콘크리트의 두께를 곱하여 산출할 수 있다. 이 경우 기초를 표시하는 개개 페다각형이 서로 붙어 있으므로 겹치는 부분에 대한 둘레 길이가 중복되어 계산되어서는 안된다. 개별 요소의 외곽둘레길이(단일 페다각형 둘레길이)에서 서로 겹치는 부분의 중복길이를 빼어 기초 높이를 곱한 값이 기초부위의 거푸집면적이 된다.

기존의 물량산출 방법에서 문제점을 살펴보면 독립기초의 경우 기초 슬래브 부분과 주각 부분의 물량 산출과정 등 몇 가지 미비한 점이 많이 나타나고 있다. 슬래브는 보와 보 사이에 위치할 경우와 그렇지 않고 캐털레버로 구성되는 경우로 나누어 생각할 수 있고, 바닥이 구속된 경우와 일부가 개방된 경우가 있을 수 있다. 바닥이 개방된 경우로는 중 2층이나 일반 건축물의 홀(hall)에서 이러한 경향을 볼 수 있다. 일반 슬래브에서 콘크리트 물량은 슬래브 개별요소의 바닥면적에 슬래브 두께를 곱하여 산출한다. 개구부를 포함하고 있는 경우 개구부 부피의 제한값을 콘크리트 물량으로 한다. 공통 슬래브의 콘크리트 물량은 아래층에 소속되어 있는 벽 페다각형의 바닥면적의 합에 슬래브 두께를 곱하여 산출한다.

거푸집 물량도 콘크리트 물량 산출의 경우와 같이 일반 슬래브와 측면노출 슬래브 부위로 나누어 산출한다. 일반 슬래브의 경우는 하부의 거푸집 면적을 산출하며, 슬래브 페다각형의 바닥면적을 거푸집 면적으로 한다. 공통 슬래브의 경우는 하부에 벽이 있으므로 거푸집 면적이 없다. 측면에 노출된 슬래브의 경우에는 두께부분에 대하여 거푸집 면적을 산출하여 주어야 한다. 이를 위하여 전체 평면에서 최외각 둘레를 구하여 슬래브 두께를 곱함으로써 최외각 둘레를 따라 노출된 부위의 면적을 구하며 이것을 슬래브 공통 거푸집 면적으로 한다. 슬래브의 물량 산출에서 슬래브와 기둥, 벽, 보가 만나는 부위는 슬래브의 두께를 어디서 어디까지 정하는지의 기준부여가 없다. 그리고 슬래브의 물량을 산출하는데 있어서 슬래브와 겹쳐지는 각 부재별 물량을 각각의 부재별로 물량을 산출하는지 아니면 겹쳐진 부분을 제외하고 물량을 산출해 내는지 명확한 기준이 없는 실정이다.

(2)기둥

콘크리트 물량 산출에서는 기둥의 폭, 두께, 높이의 값을 가

지고, 각각의 기둥 리스트를 정의된 수만큼 입력하고, 각각의 콘크리트 물량을 산출한다. 각각의 기둥이 슬래브와 겹쳐지는 부분은 슬래브의 두께를 기둥의 높이에서 제외한다. 그래서 제외된 부분을 빼 나머지 부분이 콘크리트 물량 산출 값이 된다. 원형 기둥의 각각의 콘크리트 물량산출은 원형의 면적과 높이를 가지고 물량을 산출한다.

거푸집 물량산출에서는 기둥의 폭, 두께, 높이의 값을 가지고, 각각의 기둥 리스트를 정의된 수만큼 입력하고, 각각의 거푸집 물량을 산출한다. 기둥이 슬래브와 겹쳐지는 부분은 슬래브의 면적에 겹쳐지기 때문에 겹쳐지는 만큼의 면적은 제외된다. 원형 기둥의 거푸집 물량 산출은 기둥의 원형 면적과 높이를 가지고 거푸집 물량을 산출한다. 기둥의 물량 산출 내역을 보면 기둥의 형태별 물량 산출을 도출할 수 있다. 그러나 기둥의 각 형태별로만 물량산출 값을 도출하면 각 부재별 겹쳐지는 부분의 물량 산출 값을 정확하게 도출해 내지 못하는 문제점이 있다.

(3)벽

벽의 물량산출에서 벽 높이는 슬래브 바닥에서부터 윗층 슬래브 하단까지 말하는 것으로 한다. 콘크리트 물량은 벽 부피의 값으로 한다. 따라서 벽 페다각형의 바닥면적에 벽의 높이를 곱하여 부피를 구한다. 물량 산출시 벽속에 개구부가 포함되어 있을 경우, 벽 전체물량에서 개구부의 부피를 감하여 벽 부피를 산출한다. 거푸집 물량은 벽면 노출면적을 구하는 것으로 벽 페다각형의 둘레의 길이에 높이를 곱하여 벽면적을 구할 수 있다. 그러나 벽 페다각형이 연결될 경우, 공통으로 접하는 부분은 거푸집 면적이 될 수 없다. 따라서 단일 페다각형에서 서로 겹치는 부분을 제외한 실질적 노출벽면 길이에 높이를 곱하여 얻은 벽면적을 거푸집 물량으로 한다.

개구부가 있을 경우 거푸집 면적의 정확한 계산을 위하여, 개구부 면적에 해당하는 거푸집 물량을 빼주어야 하며 개구부 두께면에 대한 면적을 더해 준다. 대한주택공사 견적기준에서 1㎡ 이하의 개구부는 주위의 사용재를 고려하여 거푸집 면적에서 감하지 아니하고, 1㎡ 이상의 개구부일 경우는 해당면적의 2배를 감한 것으로 하고 있다. 벽체 물량 산출 내역을 보면 각각의 벽체의 부피를 구하고 면적을 구하는 방법을 취하고 있다. 각각의 개방되는 부분은 물량 산출값을 도출할 때 전체 벽체의 물량에서 제외된 값을 나타낸다. 각각의 벽체 물량은 정확하게 얻어 낼 수 있으나 각각의 부재가 서로 교차되는 부분에서는 벽체의 정확한 물량을 산출하는데 있어서는 명확한 기준이 없는 실정이다. 따라서 부재들이 만나는 경계부분의 벽체 물량산출 기준의 정립이 요구된다.

(4) 보

보의 경우 상부 슬래브 두께는 구조설계 시에는 보에 포함을

시키고 물량 산출을 할때는 슬래브에 포함시켜 콘크리트 량을 산정하는 것이 일반적이다. 보에서 콘크리트 물량을 산출하기 위해서는 보의 부피를 구해야 한다. 보의 콘크리트 체적은 보 단면적에 보의 길이를 곱하여 산출한다. 보의 단면적은 보 일람표에서 작성된 보 단면에 대한 제 치수를 이용하여 산출한다. 보의 길이는 전체 구조평면도에서 보 폐다각형의 장변길이를 그 값으로 한다. 내민보의 경우는 외단부와 내단부의 높이를 평균한 값으로 하여 전체길이와 보의 폭에 의해 체적을 구한다. 보 일람표에서 슬래브의 두께를 포함한 보의 너비와 보 깊이를 곱하여 평균 보 단면적을 구하고, 구조 평면도에서 보의 길이를 구한 후 이 둘을 곱하여 보 부피를 구한다.

거푸집 물량은 보의 바닥부분과 보의 양 옆면을 산출하는 것으로 한다. 내민보의 경우는 일반 보와 같이 계산하고 외단부의 넓이만 더해주는 것으로 한다. 일반적으로 보의 물량 산출에서 슬래브와 겹쳐지는 물량 산출에서는 슬래브의 두께를 뺀 나머지 보의 깊이를 가지고 물량값을 얻어낸다. 그러나 보와 각각의 부재들이 겹쳐지는 경계부분에서 물량을 산출하는 방법은 기준이 없는 실정이다.

3.2 건적 프로그램의 골조 물량 산출 방법론

(1) 슬래브

현재 국내 기업에서 많이 이용되고 있는 건적 프로그램의 골조 물량 산출 방법 가운데 슬래브 부분의 물량 산출 방법은 다음과 같다.

- ① 단변 및 장변의 길이는 그림 2와 같이 도면상의 중심(보의 중심선)에서 중심까지를 입력한다.
- ② 개구부면적: 콘크리트를 공제할 면적을 입력한다.
- ③ 거푸집은 개구부 둘레 길이에 폭을 곱한다.
- ④ 보 밑면의 거푸집을 슬래브로 산정하지 않고 보로 산정할 경우 보의 밑면까지 거푸집 면적을 산출한다.

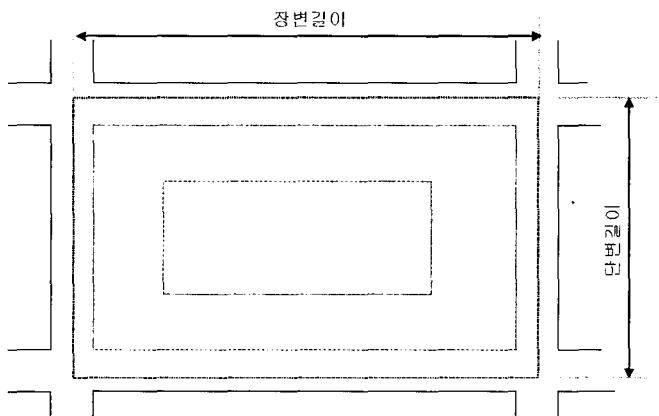


그림 2. 슬래브 건적 기본

위의 슬래브 골조 물량 산출 방법을 살펴보면, 콘크리트의 경우 물량 산출 기준이 정립되어 있다. 하지만 각 부재별 경계조건에서의 물량 산출 기준이 명확하게 정립되어 있지 않다. 거푸집의 경우 그 기준 정립이 더욱 미비하다. 예를 들어, 바닥거푸집의 물량을 산출할 때 보 바닥거푸집을 슬래브 바닥거푸집 물량으로 산출하고 보 벽거푸집을 산출하므로 내역서에도 바닥과 벽으로만 구분하게 된다. 그러나 슬래브 바닥거푸집과 보 바닥거푸집은 재료의 구성 및 시공난이도가 매우 다르기 때문에 이를 구분해야 한다.

(2) 기둥

건적 프로그램의 골조 물량산출 방법에서 기둥 부분의 물량 산출 방법은 다음과 같다.

- ① 기둥의 각 형태별 폭, 두께, 높이 등을 입력한다.
- ② 층고의 결정은 슬래브 두께를 제외한 것으로 한다.
- ③ 기둥과 보의 경계에서는 기둥을 기준으로 한다.

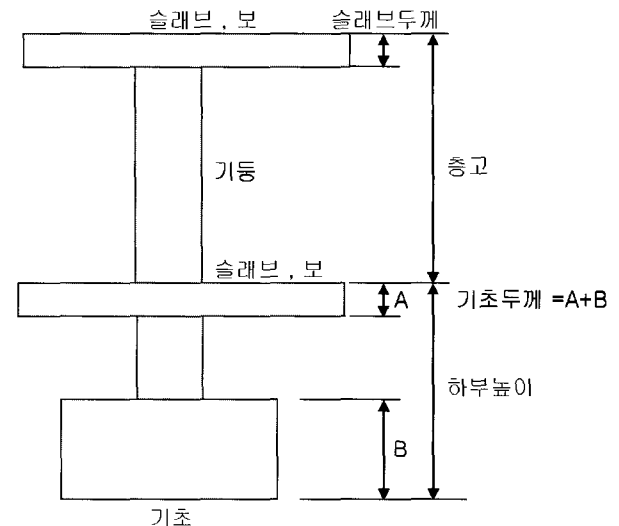


그림 3. 기둥 건적 기본

위의 기둥 부분 물량산출에서 콘크리트 및 거푸집 물량산출 기준은 각 기둥의 형태별로 정립되어 있다. 하지만 기둥과 다른 부재별 경계조건에서 명확한 기준 정립이 미흡하다. 현업에서 이러한 부분의 물량산출은 도면을 보면서 건적 전문가가 기준을 정립하여 물량을 산출하고, 정확히 물량을 산출하기는 힘들다.

(3) 벽

건적 프로그램의 골조 물량산출 방법에서 벽 부분의 물량산출 방법은 다음과 같다.

- ① 단부: 옹벽 양단의 단부 길이(기둥의 규격)
- ② 상부: 형틀의 실제높이를 산출하기 위한 층고에서 공제할 수치 입력 (상부보의 기초 및 보춤)
- ③ 하부: 최하층의 경우 수직근이 하부까지 내려가므로 하부

의 보 기호나 보 춤을 입력한다.

④ 공제 부분은 사전에 입력한다.

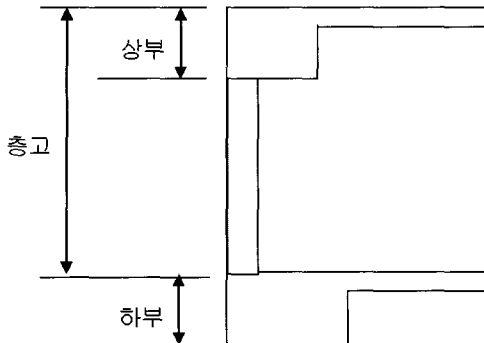


그림 4. 벽 견적 기본

위의 벽 부분의 물량 산출 내용을 보면 콘크리트, 거푸집 물량 산출 방법에서 벽만을 고려한 물량 산출 방법은 정립이 되어 있다. 그러나 여러 다른 부재들이 만나는 경계조건에서의 물량 산출 방법 기준이 미흡한 실정이다. 예를 들어, 콘크리트 물량을 산출하는데 있어 치수를 입력할 때 중심선을 기준으로 입력할 경우 경계조건에서의 치수 입력이 부정확하게 된다. 거푸집의 경우에도 위와 비슷한 문제점이 있다.

(4) 보

견적 프로그램의 골조 물량 산출 방법에서 보 부분의 물량 산출 방법은 다음과 같다.

- ① 길이는 보의 중심선에서 중심선까지를 입력한다.
- ② 보의 안목길이를 구하기 위해 보의 양단에 걸쳐있는 보나, 기둥, 기초의 길이나 기호를 입력한다.
- ③ 길이를 입력하면 입력된 수치가 공제되고, 기호를 입력하면 표 2와 같은 기준에 준하여 공제된다.

표 2. 기둥 형태별 공제

| 종류 | 공제 길이 |
|------|---------|
| 사각기둥 | 단변의 1/2 |
| 원형기둥 | 지름의 2/5 |
| 기초 | 단변의 1/2 |
| 줄기초 | 폭의 1/2 |
| 보 | 보폭의 1/2 |

④ 슬래브에서 공제할 거푸집 종류를 입력한다.

보 콘크리트 물량 산출 방법은 기둥이나 기초 부분, 그리고 다른 보와 겹쳐지는 부분만 물량 산출 방법이 정립되어 있다. 그러나 보의 물량을 산출하는데 있어 모든 다른 부재와 만나는 경계조건에서의 물량 산출 방법의 기준은 미흡한 실정이다. 예를 들어 기둥보다 큰 보가 서로 경계할 경우 공제가 아닌 추가 산

정이 필요하다.

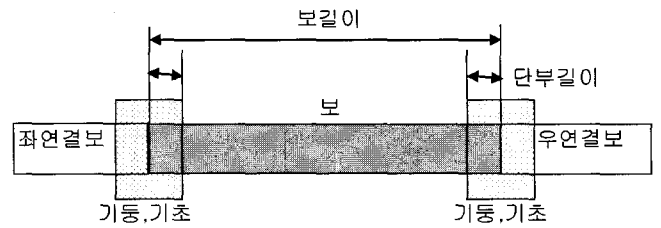


그림 5. 보 견적 기본

4. 알고리즘 개발

기존의 물량 산출 방법에서 각각의 부재별 물량 산출 방법은 기준이 있지만 각각의 부재가 겹치는 경계조건에서의 물량 산출 방법은 미비한 것으로 조사되었다. 이에 본 장에서는 철근 콘크리트의 골조 물량, 즉 콘크리트, 거푸집 물량 산출 방법론에 대한 개선 방안을 제시한다.

4.1 물량 산출 알고리즘 기준

골조 물량 산출 방법에서 각각의 부재들이 겹치는 경계조건에 대한 물량 산출 기준의 정립을 위해서 다음과 같은 조건을 부여했다. 우선 각각의 부재들이 서로 겹쳐지는 부위에서 부재들에 대한 우선순위를 부여한다. 우선순위의 정립은 수직적인 분류와 수평적인 분류에 의한 내용으로 기준 정립을 하였다. 수직 분류는 층 단위로 하고, 각 층에서 부재별 구성요소는 그림 6과 같다.

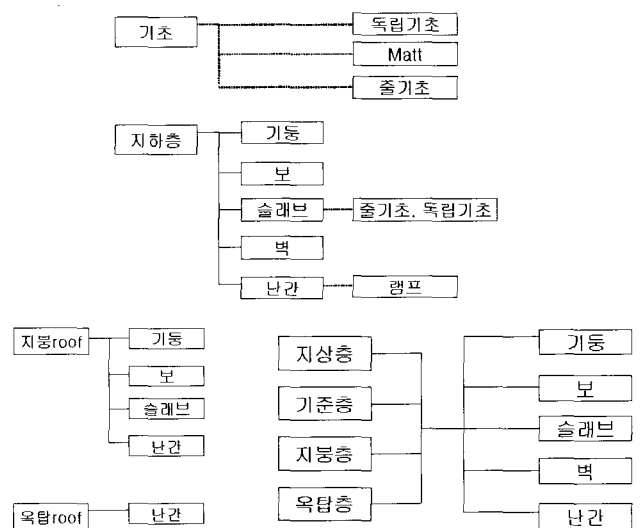


그림 6. 층단위 부재별 구성요소

부재별 우선순위는 그림 7과 같이 슬래브, 기초, 기둥, 보, 벽, 난간 순으로 순위를 결정하였다.

4.2 각 부재별 경계조건에 대한 알고리즘

각 부재별 경계조건을 고려한 물량산출 알고리즘을 개발하기 위해서는 물량 산출기본 식을 정리해야 하고, 그 내용은 표 3과 같다. 이 기본식을 토대로 여러 분류별 알고리즘을 개발한다.

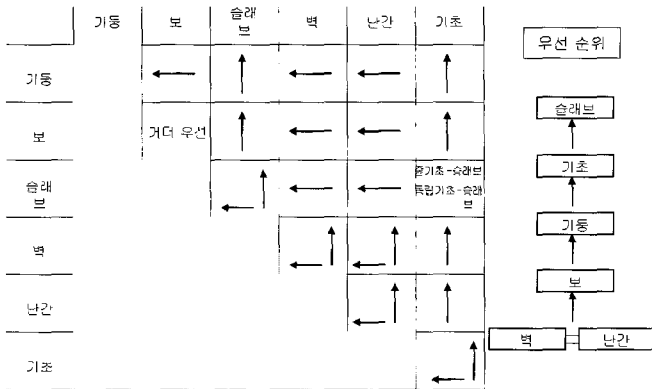


그림 3. 물량산출 우선순위 결정

표 3. 물량 산출 기본 식

| 구분 | 콘크리트 물량 산출식 | 거푸집 물량 산출식 | 비고 |
|-----|---|---|------------------------|
| 기둥 | $C_1 \rightarrow a \times b \times h$ | $C_1 \rightarrow 2(a \times h) + 2(b \times h)$ | a: 폭 b: 두께 h: 높이 |
| | $C_2 \rightarrow a' \times b' \times h'$ | $C_2 \rightarrow 2(a' \times h') + 2(b' \times h')$ | |
| 보 | $G_1 \rightarrow l \times b \times d$ | $G_1 \rightarrow 2(l \times d) + 2(b \times d)$ | l: 길이 |
| | $G_2 \rightarrow l' \times b' \times d'$ | $G_2 \rightarrow 2(l' \times d') + 2(b' \times d')$ | d: 출 |
| | $B \rightarrow l'' \times b'' \times d''$ | $B_1 \rightarrow 2(l'' \times d'') + 2(b'' \times d'')$ | b: 폭 |
| 슬래브 | $S \rightarrow l1 \times l2 \times t$ | $2(l1 \times t) + 2(l2 \times t) + (l2 \times l2)$ | l: 길이 t: 두께 |
| | $W \rightarrow l \times t \times h$ | $W \rightarrow 2(t \times h) + 2(l \times h)$ | l: 길이 |
| 벽 | $W_1 \rightarrow l' \times t' \times h'$ | $W_1 \rightarrow 2(t' \times h') + 2(l' \times h')$ | t: 두께 |
| | $W_2 \rightarrow l'' \times t'' \times h''$ | $W_2 \rightarrow 2(t'' \times h'') + 2(l'' \times h'')$ | h: 높이 |
| | | | |
| 난간 | $P \rightarrow l \times t \times h$ | $P \rightarrow 2(t \times h) + 2(l \times h)$ | l: 길이 |
| | $P_1 \rightarrow l' \times t' \times h'$ | $P_1 \rightarrow 2(t' \times h') + 2(l' \times h')$ | t: 두께 |
| | $P_2 \rightarrow l'' \times t'' \times h''$ | $P_2 \rightarrow 2(t'' \times h'') + 2(l'' \times h'')$ | h: 높이 |

보의 예를 들어, 기존연구 및 적산프로그램에서는 단순히 보의 폭, 출, 안목길이 등을 이용하여 체적과 면적을 구하고 있으나 본 연구에서 제시하는 알고리즘의 기본 개념은 각각의 부재와 부재가 경계하는 조건을 고려하여 산출하도록 표 4와 같이 분류하였다.

표 4. 보 물량산출 기준 비교

| | 체적 | 면적 |
|---------------|----------------------|------------------|
| 기존연구 및 적산프로그램 | 보의폭 × 단면의높이 × 보의안목길이 | 보의높이 × 보안목길이 × 2 |
| 연구알고리즘 | 기둥+거더 | 기둥+거더 |
| | 기둥+거더+기둥 | 기둥+거더+기둥 |
| | 거더+빔 | 거더+빔 |
| | 거더+빔+거더 | 거더+빔+거더 |
| | 벽+빔 | 벽+빔 |
| | 벽+빔+벽 | 벽+빔+벽 |

보 부재의 콘크리트 물량 산출 알고리즘은 표 5와 같이 수직적 분류에 의한 알고리즘과 수평적 분류에 의한 알고리즘으로 이루어진다. 수직적 분류에 의한 알고리즘은 슬래브 유무에 의해 달라진다. 수평적 분류에 의한 알고리즘은 각기 다른 부재들과 겹쳐지는 부분, 즉 경계조건에 의해 달라지고 물량산출 알고리즘은 식 (1)~(2)와 같다.

그림 8의 기둥(C1), 거더(G), 기둥(C2)의 경계조건을 고려한 알고리즘의 예를 들면, 기둥(C1, C2)의 체적(VC1, VC2)과 거더(G)의 체적(VG)을 합하여 경계를 이루는 부분의 교집합을 감하여 전체 콘크리트 물량을 산출한다.

표 5. 각 부재별 분류

| 구분 | 수직분류 | 수평분류 |
|-----|-----------------|--|
| 기둥 | 슬래브 유 슬래브 무 | |
| 보 | 슬래브 유 슬래브 무 | 기둥 + 거더 기둥 + 거더 + 기둥 거더 + 빔 거더 + 빔 + 거더 벽 + 빔 벽 + 빔 + 벽 |
| | | |
| 슬래브 | 평 슬래브 경사 슬래브 | |
| 벽 | 슬래브 유 슬래브 무 | 기둥 + 벽 기둥 + 벽 + 기둥 거더 + 벽 거더 + 벽 + 거더 벽 + 난간 벽간 교차 종류 (4가지) |
| | | |
| 난간 | 슬래브 유 슬래브 무 | 벽 + 난간 벽 + 난간 + 벽 벽 + 난간 + 기둥 기둥 + 난간 기둥 + 난간 + 기둥 난간 교차 종류 (4가지) |
| | | |

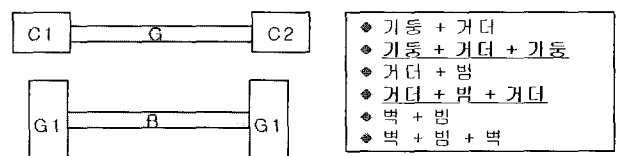


그림 8. 보 물량산출 구분(콘크리트)

$$\begin{aligned}
 &V_{C1} + V_{C2} + V_G - \{(V_{C1} \cap V_G) + (V_{C2} \cap V_G)\} \\
 &= (a \times b \times h) + (a' \times b' \times h') + (l \times b \times d) \\
 &\quad - \left\{ \left(\frac{a}{2} \times b \times d \right) + \left(\frac{a'}{2} \times b' \times d \right) \right\}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 &V_{G1} + V_{G2} + V_E - \{(V_{G1} \cap V_E) + (V_{G2} \cap V_E)\} \\
 &= (l \times b \times d) + (l' \times b' \times d') + (l'' \times b'' \times d'') \\
 &\quad - \left\{ \left(\frac{b}{2} \times l \times d \right) + \left(\frac{b''}{2} \times l'' \times d \right) \right\}
 \end{aligned} \tag{2}$$

거푸집 물량 산출 알고리즘도 콘크리트 물량산출과 동일하게 이루어진다.

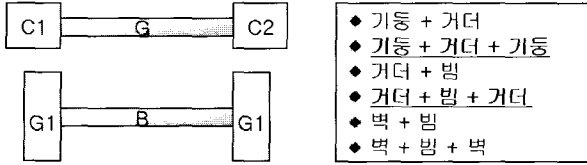


그림 9. 보 물량산출 구분(거푸집)

수평적 분류에 의해서 각기 다른 부재들과 겹쳐지는 부분, 즉 경계조건에서의 물량 산출 알고리즘은 식 (3)~(4)와 같다.

$$S_{C1} + S_{C2} + S_G - \{(S_{C1} \cap S_G) + (S_{C2} \cap S_G)\}$$

$$= \{2(a \times h) + 2(b \times h)\} + \{2(a' \times h') + 2(b' \times h')\} + \{2(l \times d) + (l \times b)\}$$

$$- \{2(\frac{a}{2} \times h) + (\frac{a}{2} \times b)\}$$

$$+ \{2(\frac{a'}{2} \times h) + (\frac{a'}{2} \times b)\}$$

식 (3)

$$S_{C1} + S_{C2} + S_E - \{(S_{C1} \cap S_E) + (S_{C2} \cap S_E)\}$$

$$= \{(l \times b) + 2(d \times l)\} + \{(l' \times b') + 2(d' \times l')\} + \{(l'' \times d'') + 2(d'' \times b'')\}$$

$$- \{2(\frac{b}{2} \times l) + (\frac{b}{2} \times b')\}$$

$$+ \{2(\frac{b'}{2} \times l') + (\frac{b'}{2} \times b'')\}$$

식 (4)

벽 부재 콘크리트 물량 산출 알고리즘은 보와 같이 수직적 분류에 의한 알고리즘과 수평적 분류에 의한 알고리즘으로 이루어진다. 수직적 분류에 의한 알고리즘은 슬래브 유무에 의해 달라진다. 수평적 분류에 의한 알고리즘 내용은 각기 다른 부재들과 겹쳐지는 부분, 즉 경계조건에 의해 달라진다. 각 부재들과의 경계조건을 고려한 물량산출에서 공제 부분의 물량을 입력하지 않아도 되고, 각 분류에 따른 공제량이 알고리즘에 이미 반영되어있고, 알고리즘은 식 (5)와 같다.

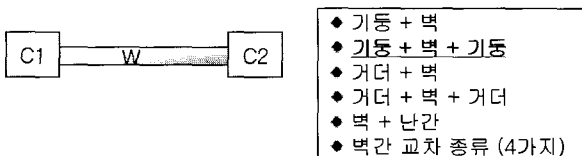


그림 10. 벽 물량산출 구분(콘크리트)

$$V_{C1} + V_{C2} + V_W - \{(V_{C1} \cap V_W) + (V_{C2} \cap V_W)\}$$

$$= (a \times b \times h) + (t \times h \times l) + (a' \times b' \times h')$$

$$+ \{(\frac{a}{2} \times h \times l) + (\frac{a'}{2} \times h \times l)\}$$

식 (5)

거푸집 물량 산출 알고리즘 내용도 위의 내용과 동일하게 이루어진다. 벽의 수평적 분류에서 벽과 벽이 겹쳐지는 경계조건에서의 물량 산출 알고리즘은 아래 식 (6)~(7)과 같다.

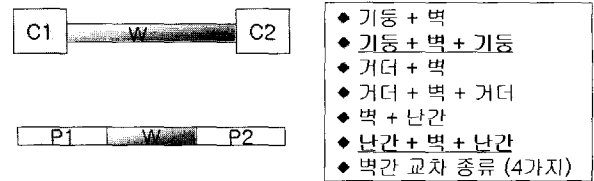


그림 11. 벽 물량산출 구분(거푸집)

$$S_{C1} + S_{C2} + S_W - \{(S_{C1} \cap S_W) + (S_{C2} \cap S_W)\}$$

$$= \{2(a \times h) + 2(b \times h)\} + \{2(a' \times h') + 2(b' \times h')\} + \{2(l \times t) + (l \times h)\}$$

$$- \{2(\frac{a}{2} \times h) + (\frac{a}{2} \times t)\}$$

$$+ \{2(\frac{a'}{2} \times h) + (\frac{a'}{2} \times t)\}$$

식 (6)

$$S_{P1} + S_{P2} + S_W - \{(S_{P1} \cap S_W) + (S_{P2} \cap S_W)\}$$

$$= \{2(t \times h) + 2(l \times h)\} + \{2(t' \times h') + 2(l' \times h')\}$$

$$- \{2(\frac{t}{2} \times l) + (\frac{t}{2} \times h)\}$$

$$+ \{2(\frac{t'}{2} \times l') + 2(\frac{t'}{2} \times h')\}$$

식 (7)

난간의 콘크리트 물량 산출 알고리즘은 수직적 분류에 의한 알고리즘과 수평적 분류에 의한 알고리즘으로 이루어진다. 수직적 분류에 의한 알고리즘은 슬래브 유무에 의해 달라진다. 수평적 분류에 의한 알고리즘은 각기 다른 부재들과 겹쳐지는 부분, 즉 경계조건에 의해 달라진다. 각 부재들과의 경계조건을 고려한 물량산출에서 공제 부분의 물량을 입력하지 않아도 되고, 수평적 분류에 따른 여러 가지 상황에 따라서 각기 다른 알고리즘이 적용되고 알고리즘은 식 (8)과 같다.

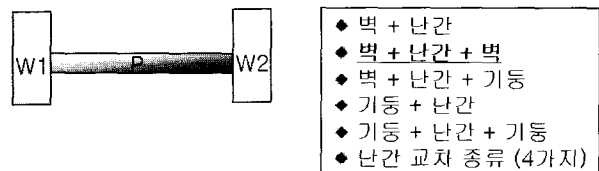


그림 12. 난간 물량산출 구분(콘크리트)

$$V_{W1} + V_{W2} + V_P - \{(V_{W1} \cap V_P) + (V_{W2} \cap V_P)\}$$

$$= (t_1 \times h_1 \times l_1) + (t_2 \times h_2 \times l_2) + (t' \times h' \times l')$$

$$- \{(\frac{t}{2} \times h \times l) + (\frac{t'}{2} \times h \times l)\}$$

식 (8)

거푸집 물량 산출 알고리즘 내용도 위의 내용과 동일하게 이루어진다. 벽의 수평적 분류에서 벽과 벽이 겹쳐지는 경계조건

에서의 물량 산출 알고리즘은 아래 식 (9)와 같다.

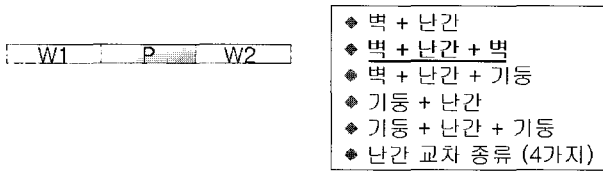


그림 13. 난간 물량산출 구분(거푸집)

$$\begin{aligned}
 & S_{W1} + S_{W2} + S_P - \{(S_1 \cap S_{W1}) + (S_P \cap S_{W2})\} \\
 & - \{2(t_1 \times h_1) + 2(l_1 \times h_1)\} + \{2(t_2 \times h_2) \\
 & + 2(l_2 \times h_2)\} + \{2(t' \times h') + (l' \times h')\} \\
 & - \{2(\frac{t}{2} \times l) + (\frac{t}{2} \times h)\} + \{2(\frac{t}{2} \times l') \\
 & + 2(\frac{t}{2} \times h')\}
 \end{aligned}$$

식 (9)

5. 결론

건설업에서 CAD 시스템의 도입은 생산성과 작업능률에 크게 영향을 미치고 있으며, 건설공사의 물량산출 자동화에도 많은 영향을 주었다. 그러나 지금까지 개발된 적산 프로그램들은 각각의 부재별 물량산출을 다루고 있어 부재와 부재가 겹치는 경계 부분 물량산출은 한계를 노출하고 있다. 따라서 본 연구는 부재와 부재가 겹치는 경계부분의 특징을 분석하여 물량산출 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

연구의 진행은 기존 골조공사 물량산출 방법에 대한 연구현황 및 문제점을 고찰하여 경계조건에 대한 연구의 필요성을 재검토함으로써 골조공사 물량산출 알고리즘 연구가 필요하다는 근거를 마련하였다. 그리고 기존 현황과 기존 견적 프로그램을 조사하고 특징 및 장·단점을 분석하여 연구의 방향을 설정하였다. 이를 근거로 경계조건에 대한 개념 및 절차를 수립하고, 기존 연

구를 조사 분석하여 경계조건을 고려한 물량산출 알고리즘을 제시하였다.

본 연구를 통하여 개발된 알고리즘은 건설 전반에 걸쳐 활용될 수 있으나 특히 시공단계에서 많은효과를 거둘 것으로 예상되고, 품질, 원가, 공정관리 측면에서 매우 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 연구는 골조공사 가운데 콘크리트와 거푸집 물량산출 알고리즘을 개발하였고, 향후에는 마감공사 물량산출 알고리즘을 개발하여 건축공사 전체로 확대하는 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 김문한 외 1991, CAD에 의한 물량산출 및 견적자동화 시스템 개발에 관한 연구, (주)대동주택, 서울산업대학 생산기술 연구소.
2. 임철호 1995, "CAD를 이용한 건축공사의 물량산출 및 견적에 관한 연구", 서울산업대학교, pp.2-5.
3. 최재필 외 1991, "설계도면에서의 물량산출 자동화 연구 (I), 대한주택공사", pp.29-97.
4. 윤기병 외 1992, "설계도면에서의 물량산출 자동화 연구 (II), 대한주택공사", pp.65-92.
5. 이승원 1996, "건축구조 물량산출 자동화 시스템에 관한 연구", 숭실대학교, 석사학위논문, p.5-19.
6. 이해남 1995, "물량 산출 자동화를 위한 데이터 베이스 설계", 단국대학교, 박사학위논문, pp.2-9.
7. 한충희 외 1994, "견적시스템 표준화/자동화 연구", 한국정보처리응용학회, pp.24-96.
8. 오세욱 2000, "3차원 CAD를 응용한 견적 자동화 시스템 구축 방안에 관한 연구", 인하대학교 석사학위논문, pp.5-17.

ABSTRACT

The precise quantity of materials is not yet taken off by the CAD system although it has influenced in design productivity and automatic estimate. And various estimate systems developed so far deal with the quantity take-off of building members separately, which caused to over-estimate the part of each member. Therefore, the purpose of this paper is to develop algorithms of more precise estimate than that of current estimate by solving boundary conditions of the connection parts of building members, such as column, girder, beam, wall and slab.

The algorithms are proposed to take off the quantity of concrete and form work and they will be used for the estimate of building structure more precisely and automatically than ever.

Keywords : Framework, Materials Take-off, Algorithm