

공사물량 산출의 자동화를 위한 데이터베이스시스템 구성

이 민 남* 이 상 범**

요 약

건설공사에서는 설계 및 시공이 엄격히 구분되어 있다. 따라서 시공에 필요한 물량을 산출하기 위해서는 설계화일을 물량산출에 직접 사용하지 못하고 수작업에 의존하고 있다. 이러한 이유는 설계 및 시공시스템의 기능사이에 서로의 연계성이 적기 때문이다. 본 연구에서는 공사설계의 치수 및 물량데이터를 이용하여 물량산출을 자동화할 수 있는 데이터베이스 모델을 구성하고 분석하였다. 즉, 설계시 CAD 시스템의 설계라이브러리에 저장되어 있는 구조설계화일과 물량산출자료의 연계성을 분석하여 공사물량을 효율적으로 산출할 수 있는 시스템을 구축하고, 이의 성능을 평가하였다.

A Construction of Database System for Automation of Project Quantity Survey

Min Nam Lee* and Sang Burm Lee**

ABSTRACT

In the construction project, the design and the construction have been divided strictly. Because the design files of CAD library cannot be used directly in project quantity survey, we depend on manual handling. It's because there has no interface between the system of the design and that of the construction. In this paper, by using the sizes and quantites of project design, we construct database model for automation of project quantity survey, and analyze the interface among the structure design files stored in design library of CAD system and the information of quantity survey, build a system which can survey the project quantity efficiently and evaluate the performance of this system.

1. 서 론

컴퓨터의 발달로 인한 CAD(Computer Aided Design)의 도입은 공사설계분야에도 많은 영향을 미쳐서 표현위주로 발전되어온 컴퓨터그래픽(Computer Graphic)으로부터 도형 및 비도형 데이터를 추출하여 공사물량산출 자동화에 다양한 형태로 이용할 수 있도록 연구가 지속되어 왔다 [1, 2, 3, 4]. 외국은 미국을 비롯하여 영국, 일본에서 공사물량산출의 자동화에 대하여 다양한 데이터베이스 모형이 제안되어 설계도구인 CAD를 물량산출 자동화 차원에서만 접근한 것이 아니라 전산화에 의한 건설통합시스템(CICS: Computer Integrated Construction System)의 핵심으로서 설

계도면 및 물량산출의 응용연구를 수행하였다[4, 5, 6]. 국내 건설분야에서는 1980년대말 이후 단순설계 보조도구로서의 CAD가 아니라 CAD에 의해 작성된 도면내에 실려있는 비도형정보(Nongraphic Information)를 이용함으로써 물량산출은 물론 구조해석, 건물의 일사량분석 등을 수행하는 방안에 대하여 연구가 진행된 바 있다[3, 7, 8, 9]. 대부분의 경우 비도형정보를 활용할 수 있는 CAD의 장점을 충분히 이용하여 어느 정도의 연구성과가 있었으나 물량산출과 이를 이용한 전적자동화의 경우에는 정보분류 체계, 도면작성 방법, 물량산출 방법 및 전적방식의 표준화 같은 분야의 기초연구가 부족하여 아직 실용화 수준에 이르지 못한 실정이다[3, 11, 12, 13].

본 연구에서는 건적/적산의 여러기능중 CAD에 의해 작성된 설계도면에서의 철근콘크리트 구조물량을 대상으로 한 실용성 있는 공사물량산출의

* 정 회 원: 건설경제조합 전산부장

** 정 회 원: 단국대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수: 1995년 2월 6일, 심사완료: 1995년 3월 19일

자동화를 구축하기 위한 설계화일과 공사물량산출을 매핑시키기 위한 데이터베이스 모델을 제안하였다. 이 데이터베이스 모델은 설계도면에서의 데이터구성과 물량산출 자동화실패를 고찰하고 관련 데이터등을 수집하여 분석한 후, 설계도면 데이터구성과 물량산출데이터의 매핑과정을 통하여 정리된 분석결과를 기초로 하여 공사물량 자동화를 위한 데이터베이스 모델을 구성한다. 즉, 설계도면을 구성하고 있는 공사부위별 도형 및 비도형 데이터화일을 이용하여 분류체계를 일원화 하여 설계도면의 데이터화일과 일치될 수 있도록 화일구조를 설계한다. 이러한 부위별 데이터화일을 기초로 하여 설계정보와 시공정보의 연계는 설계 및 시공단계의 세부단계별로 관련되는 데이터의 흐름을 잘 해석하고 설계정보와 시공정보가 연계될 수 있는 데이터베이스 모델구조를 설계하고 평가한다. 따라서 공사물량산출의 자동화를 위한 설계단계와 시공단계의 각종 정보의 실체를 분석하고 전산화에 알맞은 형태를 정의하는 것을 연구의 범위로 하며 특히 건축물의 유형이 매우 다양한 점을 감안하여 향후 지속적인 수요가 예상되는 아파트의 구조물량을 그 적용대상으로 시뮬레이션을 하여 제안된 데이터베이스모델의 타당성을 검토하였다.

2 공사물량산출의 연구 동향

2.1 국 외

미국을 비롯하여 영국, 일본에서 이 분야에 대한 연구가 집중되었는데, 이들은 CAD를 물량산출 자동화 차원에서만 접근한 것이 아니라 전산에 의한 건설 통합(CIC: Computer Integrated Construction) 시스템의 핵심으로서 CAD의 응용 연구를 수행하였다. 미국과 영국은 범용연구 차원에서 진행되어 상용시스템화에 주력을 하고 있으나, 일본의 경우는 이들 국가에서 개발된 CAD 시스템을 응용하여 대형 건설업체가 독자적으로 사용하는데 주력하고 있다. 영국의 경우 이미 1980년대 초반에 건설분야에서의 CAD의 역할에 대한 기초연구를 충분히 검토하고, 1980년대 말에는 CAD응용의 기본방향을 제시하였으며 현재는 실내의장, 자동차설계, 기계설계 등과 같은 전

문분야에서는 상당수준 실용화 되어 있으나 다만 아직도 건설부문에서는 완전한 실용화가 이루어지지 않고 있다[4, 5, 6].

2.2 국 내

CAD에 의한 물량산출 관련분야의 초보적인 수준의 연구가 진행된 것은 대체로 1980년대 중반 이후 시작해서 1989년까지이며, 도면 구성요소(drawing entity)와 연결된 속성(Attribute)을 이용하여 물량을 산출하는 것으로 물량과 관련된 도면의 내용이 변경될 때에는 속성의 내용도 수동적으로 변경해야 하는 비효율적인 수준의 CAD 응용연구가 진행되었다[14]. 이후 대한주택공사에서는 골조부분에 대한 물량산출 자동화를 위한 연구를 1992년까지 2차에 걸쳐 수행한 바 있다. 이 연구는 보다 효과적인 구조도면 작성방법론과 이 방법을 통해 작성된 구조도면으로부터의 물량산출 방법론을 제시하여 어느 정도의 연구성과를 얻기도 하였으나 아직 실용화하기에는 미흡한 실정이다[13]. 또한 1990년 7월부터 1992년 말까지 서울산업대와 서울대의 공동연구로 골조와 마감부분의 물량산출 및 전적자동화에 대한 연구를 추진한 바 있으나, 역시 도면작성 및 물량산출방법의 불편함으로 인해 실용화되지 못한 상태이다[3]. 이 밖에도 김선국 등은 CAD에 의해 작성된 도면으로부터 자동으로 물량을 산출하여 Cost DB와 연결시키는 연구를 수행한 바 있다[12]. 이렇듯 국내의 경우 여러 학자들에 의해 CAD를 응용하여 물량산출 및 전적자동화를 위한 연구가 진행되었지만, 대부분이 실용화 차원에서의 기초연구가 부족한 관계로 연구결과와 실용화에 한계를 드러내고 있다.

3. 공사물량의 산출 해석

3.1 공사물량산출 절차

공사물량의 산출은 프로젝트 데이터의 검토, 비용항목의 규명, 물리적 자원량의 산출, 유사항목들에 대한 작업수량의 종합등으로 세분된다. 이들 중 가장 먼저 검토해야 할 정보는 프로젝트 데이터인데 이 작업은 판단력과 경험을 필요로 하기 때문에 컴퓨터에 의해 수행될 수 없다. 프

로젝트 데이터를 검토함에 있어 물량산출을 수행하는 전적자는 프로젝트내의 작업항목등을 평가하는 등 물량산출을 위한 종합적인 계획을 수립한다. 물량산출 작업은 전적이 실질적으로 행해지는 초기작업으로 이 작업에 대한 자동화가 본 연구의 핵심이다. 컴퓨터에 의한 철근콘크리트 공사물량 산출기능구성도는 (그림 1)과 같다.

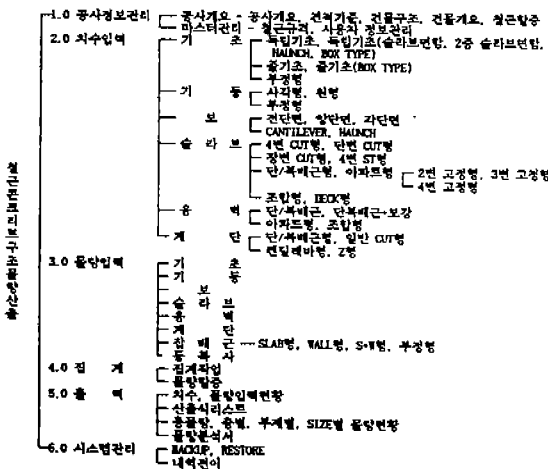
3.2 표준분류체계의 활용

건설정보분류체계는 건설업무에 참여하는 정보활동자가 정보도구를 사용하여 건설활동에 관련된 전요소들을 조직화한 것으로서 자료정리 뿐 아니라 상호조정을 통하여 업무자동화로 귀결되는 전 건설기술의 총체적 발전을 위한 기반역할을 담당하며, 건설공사 관련자에게 정확한 형태로 정확한 시간에 정보를 제공해주어 설계, 시공, 유지관리 등의 전 프로세스에서 최소의 비용으로 효율적인 구조물을 짓기 위한 목적을 수행하기 위하여 전 프로젝트 수행기법들이 상호 조정되도록 건설정보를 분류한다. 건설정보 분류체계는 UCI(Uniform Construction Index) 계열의 MASTERFORMAT과 Sfb 계열의 CI/SfB(Construction Industry/Samarbetskommitten for Byggadfragor)등이 가장 대표적인 것이다.

우리나라의 건설정보 분류체계는 일부 대형건

설업체에서 해외공사를 수행하며 외국의 것을 사용하고 있는데, UCI코드와 CI/SfB등을 사용하고 있다. UCI는 북미대륙에서 사용되며, CI/SfB는 유럽, 아프리카, 중동지역에서 널리 사용되고 있다. UCI(Uniform Construction Index)분류체계는 북미를 중심으로 개발되어 적용되고 있는 건설정보 분류체계로서 UCI를 보강한 Masterformat은 표준적인 순서에 따라 건설정보를 조직화하는데 사용될 제목과 번호체계에 대한 종합적인 분류체계 목적이며 건설관련 정보를 표현하는데 있어서 일관성을 제공하고 있어 사용의 편의성 때문에 널리 사용하고 있으며 컴퓨터를 이용한 대부분의 전적시스템의 기본분류체계로 사용되고 있다. CI/SfB는 스웨덴이 주체가 되어 개발한 Sfb를 근간으로 하여 영국에서 제정한 분류체계이다.[11, 12, 14].

UCI 분류시스템의 일반적인 장점은 간결한 용어를 사용하고 외우기 쉬운 16장(16 division)방식을 도입하여 시스템의 일관성을 유지하고 있고 건설기술의 발전에 따른 건설계의 요구사항을 반영할 수 있도록 필요시 분류를 융통성 있게 추가 또는 개정할 수 있도록 되어 있으며, 전체 건설정보를 시방서를 중심으로 상호 연구/저장/검색 가능하도록 되어 있다. 한편 우리 현실에서의 장점으로는 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 건설관련 분류체계와 구성형식이 유사하여 사용자가 기억하기 쉬우며 기존 업무와의 마찰을 피할 수 있고 검색방법에서 Keyword와 설정방식이 국내 건설계에 유익한 이점을 가지고 있다는 것이다. Sfb 계열 분류시스템의 일반적인 장점은 Masterformat의 범위를 전부 포함하고 있고 분류표들 또는 부류들이 상호 유기적으로 관련되어 있어 해당 부류에 논리적으로 접근 가능하며 프로젝트의 정보 시스템간의 상호 연관성이 일반정보 체계에서부터 출발하고 있기 때문에 모든 프로젝트 정보체계에서의 실용가능성을 가지고 있고 다중분류법(facet 분류법)이기 때문에 분류코드 자체만으로도 여러 목적으로 소팅이 가능하다는 것이다. 우리 현실에서의 문제점으로는 분석·종합의 원리에 의해서 운영되기 때문에 다소 복잡하고 시스템에 대한 정확한 인식이 부족하고 국내 도면 구성체계의 차이 화요사의 보자하 드으은 그해



(그림 1) 철근콘크리트 구조물량산출 기능구성도
 (Fig. 1) Function structure of project quantity survey for reinforcement concrete

적인 실무활용단계에 진입이 불가능하다는 것이다[11, 12, 15, 16, 17].

3.3 설계도면의 데이터 구성

설계단계에서 건축물을 표현하는 수단은 매우 다양하며 최종적으로 완성된 설계는 도면에 나타난다. 이러한 도면을 통하여 표현되는 설계정보는 대부분 도형적 자료(graphical data)로 구성되며, 한편으로는 비도형적 속성(nongraphical description or attributes)을 갖기도 한다. 일반적으로 설계정보를 모델링하기 위해서는 이들을 보다 체계적으로 구성할 수 있어야 하며 이때 가장 유용한 개념이 도형요소(graphic component)라고 할 수 있다. 여기서 도형요소는 건축물의 각 부위, 도면심플, 상세도등과 같은 도형자료(graphic data)로서, 설계정보 모델링의 기본 단위라고 말할 수 있다. 본질적으로 도형요소는 그려진 선(lines)과 문자(text)에 의하여 작성될 수 있다. 따라서 건축물의 부위, 설계모델, 설계프로젝트 등은 이러한 도형요소를 위계적으로 정돈함으로써 생산될 수 있다. 도형자료를 이용한 설계정보는 건축물의 계획 및 설계단계에서는 매우 유용하게 사용될 수 있으나, 공사비 분석을 위하여는 도형자료 보다는 비도형 속성정보가 필요하며, 이와 같은 비도형 속성정보는 데이터베이스관리시스템(Database Management System: DBMS)에 의하여 구축되어 운영되는 것이 바람직하다. 설계단계의 정보가 도형요소인 도형자료와 DBMS상의 비도형 속성정보에 의하여 모델화될 수 있다면 CAD 시스템은 주로 도형자료의 모델링을 다룬다고 할 수 있다. 비도형 속성정보는 대부분이 설계단계에서 구축된 도형자료를 근거로 사용되므로 도형

자료와 비도형 속성정보의 연결기능은 공사비 견적자동화를 위하여 필수적이다. 도형자료로 구성되는 도형데이터의 체계와 비도형 속성정보의 이와 같은 관계의 개념은 (그림 2)로 설명될 수 있다[11, 12].

설계정보를 표현하기 위한 가장 기본적인 요소라고 할 수 있는 도면요소에는 선(lines), 문자표기(lettering), 기호(symbols), 재료표식(material legend) 등이 포함된다. 도형정보와 비도형정보를 효율적으로 통합하고 교환하기 위하여는 건설정보 분류체계와 밀접한 연계가 이루어져야 한다 [11, 12, 16].

본 논문에서는 CI/SfB에서는 공사도면을 크게 3가지로 분류한 체계의 표현방법을 이용하였다.

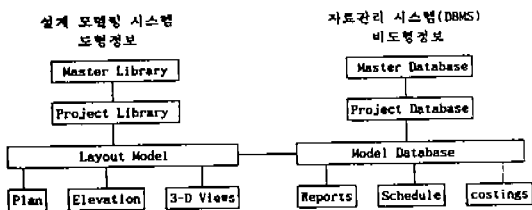
- ① Location 도면(L series): 작업위치표시, 단위공간표시
- ② Assembly 도면(A series): 설치방식표시
- ③ Component 도면(C series): 건축요소 및 부품자체에 대한 사항 표시

3.4 설계 라이브러리의 활용

컴퓨터를 이용한 건설도면의 CAD 라이브러리(library)는 그 위계적 특성에 따라 다음의 세가지 범주로 크게 나눌 수 있다. 이는,

- 국가적 표준심플: 시공요소를 제공하는 제조회사 또는 국가적인 권위에 의하여 외부적으로 추천된 표준심플
- 회사 범용 라이브러리: 회사 내부에서 만든 프로젝트 독립적인 설계요소
- 프로젝트 라이브러리: 문, 창문, 벽체 등과 같이 해당 프로젝트 의존적인 설계요소들을 의미한다.

현재 건축설계에 이용되는 대부분의 CAD시스템들은 도면작성에 도움이 되는 설계정보를 수록하고 있는 설계 라이브러리를 갖고 있다. 설계 라이브러리에 저장될 수 있는 설계정보에는 각종 도면상세를 비롯하여 창호, 화장실부품, 싱크대부품, 가구부품등 심플형태의 도형요소가 있다. 설계자는 설계과정에서 설계 라이브러리에 저장되어 있는 도면상세 또는 도형요소를 검색하여 필요한 위치에 복제하는 방법으로 도면을 작성할 수 있다 그러나 건축설계에서 현재 많이 이용되



(그림 2) 도형정보와 비도형정보의 관계
(Fig. 2) Relation between graphic information and nongraphic information

고 있는 CAD시스템에서는 설계 라이브러리의 기능이 도면작성에는 별반 문제가 없으나, 물량 산출과 같은 다른 용도에 적용하기에는 무리가 따른다. 즉, 설계과정에서 설계 라이브러리의 도형요소를 복제하여 작성된 어떤 도면을 토대로 해당 구조요소의 수량을 산출하기 위해서는 별도의 부속프로그램이 필요하다.

3.5 아파트 형태의 구조 사례

CAD에 의해 작성된 기본설계도면으로부터 그래픽 정보를 설계라이브러리에 저장하고 구조해석에 필요한 입력정보를 생성한 다음 별도의 구조해석패키지에 의거 구조물을 해석한다. 해석된 결과와 도면정보로부터 구조설계도면, 즉 배근도를 출력하여 구조물량을 산출하는 입력정보로 활용하게 되며 설계라이브러리에 구조설계 화일이 저장된다. 아파트의 경우는 저층에서 고층까지 층수에는 차이가 있지만 일반적으로 형태는 정형화되어 있으며, 6개 구조요소중 기초, 슬라브, 옹벽 및 계단의 4개 구조 요소로 되어 있으나 특수한 경우에는 기둥 및 보의 구성요소도 포함될 수 있다. 아파트 구조설계 화일의 체계는 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 아파트 구조설계화일의 체계
(Fig. 3) Hierarchy of structure design file about apartment

아파트 구조설계 화일의 개체(entity) 구조는 (표 1)과 같다. 각 개체구조 내역을 보면 기초, 슬라브 및 벽은 구저해석을 통해 산출된 결과이기 때문에 물량산출과는 직접 관련이 없는 구조해석 결과에 관한 정보를 포함하는 항목들이 있고, 반면에 계단은 구조해석을 하지 않기 때문에 물량산출에 직접관련이 있는 데이터 항목만으로 구성되어 있음을 알 수가 있다.

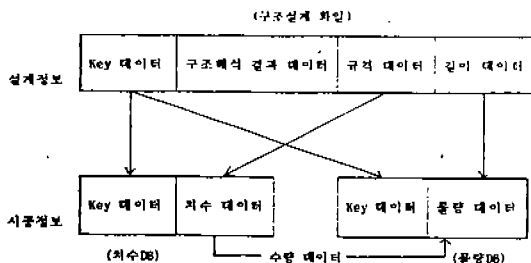
이러한 개체 구성 내용등은 다음 장에서 기술 되는 구조설계화일 해석 및 변환 알고리즘에 의하여 치수 및 물량 DB를 구축하는데 필요한 데이터만을 추출하여 사용한다.

(표 1) 개체 구조
(Table 1) Entity Structure

개체명	개체 구성
기초	형태 · 동 · 기초번호 · 배근형태 · 단면길이 · 장면길이 · 높이 · t'c · ty · Ps · Msx · Msy · Fu · Mux · Muy · Col.Size · EDM. & Soil WGT. · Soil STRESS · DESIGN STRESS · SHEAR CHECK DATA · 주근규격 · 주근간격 · 주근수량 · 부근규격 · 부근간격 · 부근수량
슬라브	형태 · 동 · 슬라브 번호 · F'c · Fy · 단면길이 · 장면길이 · DL · LL · 두께 · Edge Type · SPAN · Ed · Coeff · Moment · P · 철근단면적 · 주근규격1 · 주근간격 · 주근중앙부규격1 · 부근중앙부규격2 · 부근중앙부간격 · 부근단부규격1 · 부근단부규격2 · 부근단부간격
옹벽	형태 · 동 · 옹벽 · 옹벽번호 · 배근형태 · 콘크리트강도 · 철근강도 · 깊이 · 두께 · LOAD CASE · Pu(t) · Mu(t, m) · Mn(t, m) · Vu(t) · eC/2(t) · 수직근규격1 · 수직근규격2 · 수직근간격 · 수평근규격1 · 수평근규격2 · 수평근간격
계단	형태 · 동 · 층 · 계단번호 · 계단두께 · 계단높이 · 계단너비 · 주근상단부(규격1 · 규격2 · 간격) · 주근계단부(규격1 · 규격2 · 간격) · 주근하단부(규격1 · 규격2 · 간격) · 부근상단부(규격1 · 규격2 · 간격) · 부근계단부(규격1 · 규격2 · 간격) · 부근하단부(규격1 · 규격2 · 간격)

3.6 설계정보와 시공정보의 연계

(표 1)에 나타난 구조설계 화일의 개체의 데이터 항목은 구조형태, 동, 층 등 공통항목 즉 Key 부분과 구조해석 결과 관련부분, 치수 및 물량관련 데이터부분으로 구분된다. 이 중에서 구조해석 결과 관련부분 데이터 항목을 제외한 모든 데이터 항목이 구조물량을 산출하는데 필요한 데이터베이스 구축용 데이터이다. (그림 4)는 설계정보와 시공정보의 연계관계를 나타내고 있다.



(그림 4) 설계정보와 시공정보의 연계도
(Fig. 4) Interface of design information and construction information

4. 공사물량 산출을 위한 데이터베이스 모델 구성

4.1 데이터베이스 구조설계 개요

설계라이브러리에 저장되어 있는 구조설계화일의 구조체계와 각 개체내의 데이터 항목을 분석해 본 결과 시공정보, 즉 구조물량을 산출하는데 필요한 구조요소별 각종 철근 규격정보와 길이에 관한 각종 정보가 수록되어 있고 이와 같은 정보를 잘 활용하면 물량산출의 입력정보가 되는 수치 및 물량 DB를 구축할 수 있다는 가능성을 설계정보와 시공정보의 연계과정을 통해 확인하였다. 그러나 골조물량을 산출하기 위해서는 구조설계화일에서 제공되는 데이터 정보외에도 공사에 관한 정보, 즉 공사개요, 견적기준, 건물구조, 건물개요 및 철근할증 등과 각종 철근규격에 관한 정보가 필요하고 각 구조요소별로 물량을

산출하는데 필요한 각종 산출식도 있어야 한다. 그러나 철근규격, 산출식 등은 표준화되어 있으므로 공사물량데이터의 표준화 면에서 모델의 구조는 (그림 5)와 같다.

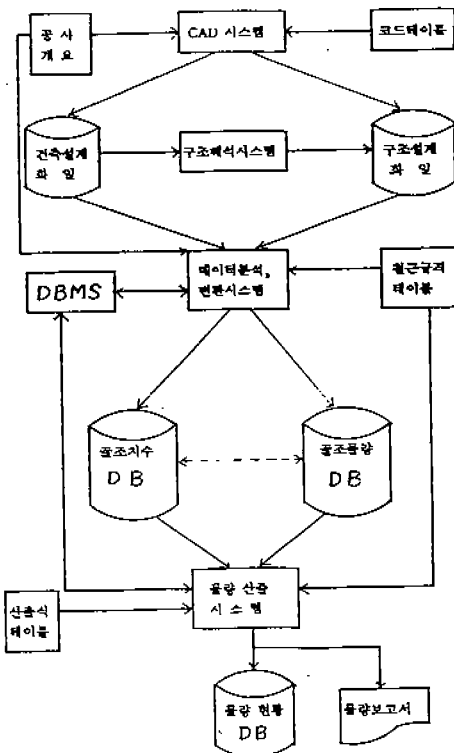
(그림 5)의 공사물량산출시스템은 설계/구조해석시스템과 데이터분석/변환시스템 및 공사물량산출시스템으로 구성되어 있다. 설계/구조해석시스템은 건축대상 아파트의 건물구조와 건물개요 등이 포함된 공사개요정보와 설계정보로 표준화를 위한 표준코드를 기초로 CAD 패키지를 사용하여 건축설계를 한다. 건축설계 과정을 통하여 건축물의 전반적인 설계도면이 작성되고 CAD 라이브러리에는 건축설계화일이 저장된다. 구조해석 패키지를 이용하여 건축물의 하중과 강도 등의 구조해석을 하고 이 과정에서 산출된 정보를 입력으로 CAD 패키지를 이용하여 구조설계도면을 제작하면 CAD 라이브러리에는 구조설계화일이 저장된다.

데이터분석 및 변환시스템은 건축설계화일에서 건축물 구조요소별로 길이, 두께, 높이, 너비 등의 골조물량에 관한 데이터를 추출하고 구조설계화일에서 철근규격데이터를 참조하여 철근규격, 간격 및 수량등의 치수에 관한 데이터를 추출하여 치수데이터베이스와 골조물량데이터베이스를 구축한다. 공사물량산출시스템은 치수 및 물량데이터베이스와 산출식 테이블을 입력으로 하여 큰 크리트, 형틀 및 철근물량을 건물 구조요소별, 물량구분별로 산출하여 물량현황 데이터베이스를 구축하고 각종 물량현황 보고서를 생산한다.

공사물량 산출시스템에서 데이터분석 및 변환시스템의 역할은 설계정보와 시공정보의 연계이다. 즉 설계정보인 건축 및 구조설계화일을 시공정보인 치수 및 물량데이터베이스로 변환하여 주므로써 공사물량산출 전 과정의 자동화를 구현할 수 있다.

4.2 제안된 데이터베이스 모델

공사물량을 산출하기 위해서는 여러가지 데이터가 필요하다. 우선 공사대상 아파트에 대한 일반적인 정보를 제공해 주는 공사개요, 건물구조, 건물개요 등이 있고, 공사물량을 산출하는데 직접 필요한 철근규격, 골조치수, 골조물량등의 데



(그림 5) 공사물량 산출 시스템과 데이터베이스 구성
(Fig. 5) Project quantity survey system and Database structure

이터가 있으며 공사물량산출의 최종결과인 물량 집계현황 등이 있다.

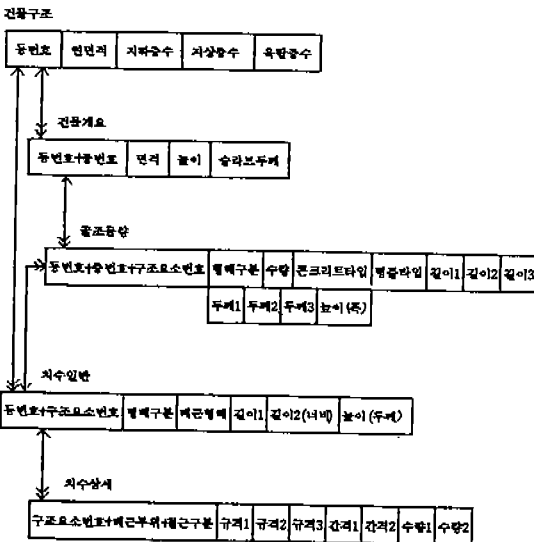
공사물량산출은 4.1절에서 기술한 바와 같이 설계단계와 데이터분석 및 변환단계 그리고 공사물량 산출단계로 구분된다. 이 중에서 설계단계와 공사물량산출단계는 이미 많은 시스템이 개발되어 있으므로 본장에서는 설계정보와 시공정보를 연계시키는 역할을 하는 데이터분석 및 변환단계에 직접 관련이 되는 데이터만을 대상으로 데이터베이스 모델을 검토했다. 데이터 분석 및 변환에 관련되는 데이터는 건물구조 및 건물개요와 골조치수 및 골조물량이다. 물론 철근규격 데이터가 필요하지만 이미 정형화되어 있으므로 데이터베이스 구축과정에서 기존 테이블을 참조하는 것으로 한다. 따라서 공사물량산출 데이터베이스를 데이터분석 및 변환과정으로 한정하고 관련 데이터에 대한 정형화 작업을 거쳐 (그림 6)에서와 같은 데이터베이스 스키마를 제안한다. 공사물량산출 데이터베이스 스키마는 5개의 레코드로 구성되어 있다. 각 레코드 간의 관계는 (그림 6)에서와 같다. 즉 골조물량레코드는 건물구조 및 건물개요레코드의 하위레코드로서 치수일반레코드와 구별된다. 즉 치수일반레코드가 층에 관계없이 구조요소별로 규격에 관한 정보를 표시

하고 있는데 반하여, 골조물량레코드는 층별 구조요소별로 길이정보를 가지고 있다는 점이다. 그러나, 이 두개의 레코드는 구조요소 번호에 의하여 연계되어 같은 구조요소별로 물량산출을 가능하게 한다.

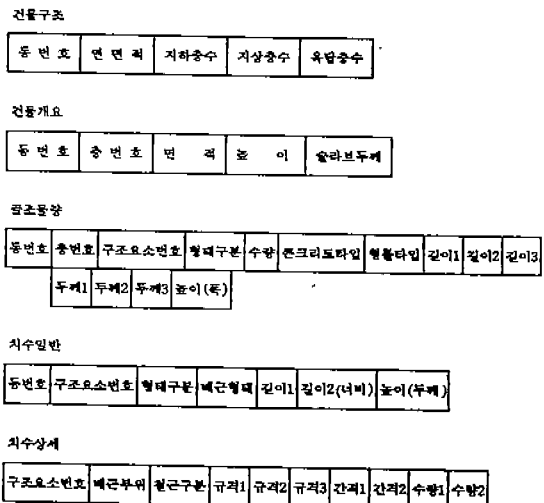
(그림 6)의 공사물량산출 데이터베이스 스키마를 관계형 데이터베이스 모델로 표현하면 (그림 7)과 같다. 관계형 데이터베이스는 공사개요, 치수 및 물량정보를 나타내는 5개의 테이블로 구성되어 있다. 건물구조 테이블은 아파트 동별로 1개의 테이블인데 반하여 건물개요 테이블은 층별로 별도의 테이블을 구성한다. 골조물량 테이블은 차후 물량산출을 층별로 하기 위하여 층별 구조요소별로 각각의 테이블을 갖는다. 치수일반테이블은 층에 관계없이 구조요소별로 공통 항목으로 이루어지며 치수상세 테이블은 1개의 구조요소내에서 배근부위와 철근구분에 따라 각각의 철근규격을 갖게된다.

4.3 모델링 고려요소

골조물량 산출을 위한 입력정보가 되는 치수 및 물량 DB 정보는 (그림 4)에 도시된 바와 같이 설계라이브러리에 저장되어 있는 구조설계화일에서 추출된다. 구조설계화일에서 필요한 정보를 추출하기 위해서는 화일구조에 대한 철저한

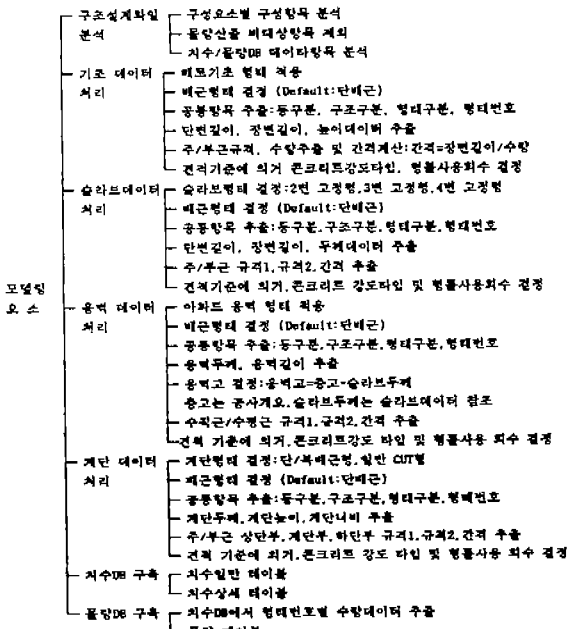


(그림 6) 공사물량산출 데이터베이스 스키마 모델
(Fig. 6) Schema model of Database for project quantity survey



(그림 7) 관계형 데이터베이스 모델
(Fig. 7) Relational Database model

분석과 치수 및 물량 DB간의 데이터 항목의 연계성을 위하여 공사물량 단위인 기초, 슬라브등 구조 요소별로 설계화일별 공사물량의 매핑이 이루어져야 한다. 구조설계화일에서의 정확한 치수 및 물량 DB구축 데이터항목 추출만이 구조물량 산출의 성공을 보장하기 때문이다. 또한 치수 및 물량 DB간의 데이터항목과 함께 공사물량의 표준데이터로서 구성되어야 한다. 공사물량 산출을 위한 골조치수 및 물량 DB간의 데이터베이스 모델 고려요소는 (그림 8)과 같다.



(그림 8) 모델링 요소
(Fig. 8) Modeling components

본 모델 고려요소에서는 주/부근을 제외한 보조근, 고정근등의 데이터 처리가 생략되어 있으나 전체 철근 물량중 차지하는 비중이 적기 때문에 물량산출후 경험치에 의해서 철근 할증을 부가하여 주는 것으로 설정하였다. 따라서 물량산출에 추가로 필요한 공사정보 및 산출식 DB는 정형화 되어 있으므로 구조설계 화일과는 무관하게 DB 구축이 가능하다. 공사물량 산출을 위한 데이터베이스 구성을 크게 구분하면 구조설계 화일을 해석하여 치수 및 물량 DB를 구축하는데 필요한 데이터를 추출하는 프로그램과 치수 및 물량

DB, 공사개요 및 산출식 DB를 구축하는 프로그램, 그리고 물량산출을 하는 프로그램으로 구분하여 FOX-PRO 언어를 이용하여 작성하였다 [18, 19]. 공사물량 산출을 위한 데이터베이스 모델은 융통성, 정밀성 및 사용의 용이성을 보장할 수 있도록 하였으며 우리나라 아파트의 제반 특성을 분석하여 모델의 구조와 그 알고리즘을 작성하였다.

4.4 시뮬레이션 결과

본연구에서 제안된 데이터베이스의 타당성을 검증하기 위하여 제시한 모델에 대하여 시뮬레이션을 하여 공사물량의 정확도를 분석, 평가한다. 본 시뮬레이션은 보편적으로 손쉽게 접근할 수 있는 아파트에 대하여 수행하여 제안된 모델에 의한 결과와 기존 수작업체제에 의해 처리된 결과를 비교하였다. 대상 프로젝트로 선정된 아파트의 구조요소는 기초, 슬라브, 옹벽 및 계단으로 구성되어 있다. 따라서, 기둥 및 보에 관한 수치 및 물량산출은 제외한다.

모델 시뮬레이션을 위한 가정은 다음과 같다.

- 공사명: 경기 이천지역 S 아파트
- 평형: 24평형 80세대
- 구조형식: 내력벽 구조
- 동구조: 지하1층, 지상20층, 옥탑2층
- 연면적: 6,289㎡(1,902.42평)

모델 시뮬레이션의 입력정보인 건축 및 구조설계화일은 CAD 패키지에 의한 설계과정을 통하여 도출된다. CAD 패키지는 3차원 데이터 모델링이 가능한 Reflex 패키지를 사용하였으며 따라서 하드웨어는 유닉스시스템 장비로 하였다. 구조해석시스템으로는 ETABS(Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) 패키지를 사용하였고 이 패키지는 MS/DOS 환경에서 작동이 가능하므로 하드웨어는 486 PC를 이용하였다.

데이터베이스 모델링 프로그램은 4-3절에서 고찰한 모델에 따라서 작성되는데 크게 구분하면 건축설계화면에서 길이정보를 추출하는 프로그램과 구조설계화면에서 철근규격정보를 추출하는 프로그램, 그리고 이러한 정보를 이용하여 치수 및 물량데이터베이스를 구축할 수 있도록 추

출된 정보를 변환하는 프로그램 등이다. 사용된 프로그램언어는 CAD 패키지에 의해 작성된 설계화일과 수치 및 물량데이터베이스화일의 호환이 가능한 Foxpro 2.5를 이용하였고, DBMS는 Foxpro 프로그램언어에 내장되어 있는 RDBMS를 이용하였다. 그리고 치수와 물량정보중 잡배근(슬라브형, 옹벽형, 슬라브+옹벽형, 부정형)에 관한 사항은 정형화가 매우 어려운 반면에 전체 공사물량에서 차지하는 비중이 극히 적기 때문에 제외시켰으며 차후 분석 및 평가과정에서 필요시 할증을 해주는 것으로 하였다.

모델시물레이션 결과 산출된 주요보고서는 물량종류별 구조요소별 콘크리트, 형틀 및 철근물량이 기록된 물량분석서이다.

〈표 2〉는 모델 시물레이션하여 산출한 공사물량과 수작업 입력에 의하여 산출한 결과를 비교한 것이다. 모델 시물레이션 결과를 수작업입력 산출 결과표와 비교하여 정리한 〈표 2〉를 보면 총물량중 콘크리트는 7%, 형틀은 10.4%, 철근은 12% 정도의 오차를 보이고 있으며 구조요소별로는 대체로 5% 이내의 편차를 보이고 있다. 총물량의 오차는 기타로 분류된 보, 난간, 집수정 등의 물량을 모델 시물레이션에서 제외한 것이 주된 요인이며 기타를 고려하면 3% 이내의 오차를 보이고 있다. 구조 요소별로는 콘크리트와 형틀은 오차가 그리 크지 않은 반면에 철근은 비교적 높은 오차를 보이고 있는데 이는 주근, 부근을 제외한 보강근, 보조근, 고정근 등이 물량산출에서 제외되는데 연유하고 있다. 따라서 경험치에 의한 철근할증을 해주면 오차가 상당히 줄어들 것으로 판단된다. 또한 구조요소별에서 슬라브 및 옹벽의 철근 오차가 다소 큰 것도 같은 이유라고 판단된다. 따라서 앞으로 보, 난간, 집수정 등의

물량산출 모델링 알고리즘을 추가 개발하고 주/부근을 제외한 보조근, 고정근등의 철근 소요의 비율을 공사경험치에 의해 잘 정립할 수만 있다면 철근할증을 통하여 공사실적치에 상당히 접근시킬 수 있으며 따라서 오차범위를 일정수준 이하로 유지할 수 있다는 긍정적인 결과로 받아들일 수 있을 것이다.

5. 결 론

건설공사에서의 공사물량 자동화를 위한 연구는 CAD 라이브러리에 저장된 비도형 정보를 활용할 수 있기 때문에 이를 이용하여 물량산출과 견적내역서 작성의 전산화를 추진해 왔으나 정보분류체계, 물량산출방법 등의 표준화에 대한 연구부족으로 활용측면에서 문제점을 보여왔다. 이에 본 연구는 CAD 라이브러리에 저장된 구조설계화일을 해석하여 치수 및 물량 DB로 변환하는 데이터베이스의 모델구조를 제안하고, 공사정보 및 산출식 DB를 참조하여 공사물량을 산출하여 제안된 구조에 대하여 타당성을 검증하였다. 이의 검증은 국내에서 가장 수요가 많은 아파트 공사의 구조물량 산출로 하여 분석하였다.

본 논문에서 제안된 공사물량구조에 따른 데이터베이스 모델은 우선 CAD라이브러리에 저장된 구조설계 화일의 구성체계와 데이터 항목을 분석해서 물량산출에 필요한 치수 및 물량 DB 체계를 수립하여 설계정보와 시공정보간의 연계성을 검토하였으며 다음에 설계화일과 공사물량의 매핑을 의한 모델을 제안하고 구조설계 화일을 해석하여 물량산출에 필요한 정보를 추출하여 치수 및 물량 DB를 구축할 수 있는 모델을 제안하였다. 제안된 모델의 시물레이션으로 20층짜리 아파트를 대상프로젝트로 선정하여 구조물량, 즉 철근, 콘크리트 및 형틀 물량을 산출하여 수작업 입력에 의해 산출된 결과와 비교해 보았다. 시물레이션 결과는 수작업 입력 산출결과에 비해 7-12%의 오차를 보였으나 공사 경험치에 의한 값을 고려할 경우 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 논문에서 제안된 모형을 바탕으로 구조설계 화일을 보다 정형화하고 코드체계를 표준화하며 구조요소별 단위 면적당 철근 종류별

〈표 2〉 공사물량산출 시물레이션 결과 비교표
(Table 2) Comparative table of simulation result for project quantity survey

구분	시물레이션 결과			수작업 입력 산출 결과		
	콘크리트(M³)	형틀(M²)	철근(KG)	콘크리트(M³)	형틀(M²)	철근(KG)
총물량	3,042.3	26,473.8	243,576.2	3,269.5	29,536.8	275,569.2
평당물량	1.599	13.915	128.034	1.719	15.526	144.852
면적당	0.483	4.209	38.730	0.520	4.697	43.818
콘크리트당		8.701	80.063		9.034	84.284
기초	371.7	131.0	22,322.1	375.5	132.4	22,703.2
슬라브	998.8	7,631.7	74,217.3	1,009.0	7,708.9	77,719.4
옹벽	1,574.7	17,844.5	132,101.2	1,590.1	18,024.5	135,496.5
계단	97.1	866.6	14,935.6	98.5	875.4	15,191.4
기타	0.0	0.0	0.0	196.4	2,795.5	24,459.7

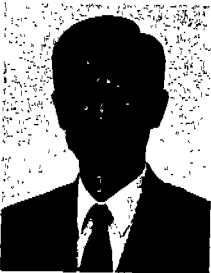
비율을 체계화할 뿐만 아니라 물량산출의 범위를 오피스까지 확대시켜 나간다면 데이터베이스 모델의 효율성을 더욱 높일 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 강홍빈의 13인, "설계업무에서의 CAD시스템 실용화를 위한 시험적용연구", 대한주택공사, pp. 22, 1990.
- [2] 임철호, "CAD를 응용한 건축공사의 물량산출 및 견적에 관한 연구", 서울산업대학 대학원, 석사학위논문, 1991.
- [3] 김문한의 12인, "CAD에 의한 물량산출 및 전자자동화시스템 개발에 관한 연구, 제1차 보고서", (주) 대동주택, 서울산업대학 생산기술연구소, 1991.
- [4] 大成建設, "LORAN-T(Long Range Architectural Networking in Taisei)", 大成建設, 1986-1991.
- [5] Newton, S., "An agenda for cost modelling research, Construction Management and Economics", Vol. 9, No. 2, pp. 102, April 1991.
- [6] Mitchell, William, "Computer-Aided Architectural Design", VAN Nostrad Reinhold Co., 1977.
- [7] 이재열, 최재열, 전영일, "설계도면에서의 물량산출 자동화에 관한 연구", 대한건설학회 논문집, Vol. 8, No. 3, pp. 159-166, 1992.
- [8] 김선국의 3, "건축부위별 견적시스템 개발에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 제8권 제2호 통권40호, 1992.
- [9] 조문상 외 4인, "설계업무에서의 CAD 시스템 실용화를 위한 시험적용 연구", 대한주택공사, 1990.
- [10] 김기동, "우리나라 공동주택의 코스트모델 개발에 관한 연구", 서울대학교 대학원, 공학박사학위 논문, 1991.
- [11] 한충희의 9인, "견적시스템 표준화/자동화연구", 한국정보처리응용학회, pp.24-96, 1994.
- [12] 김선국, "설계초기단계에서 공동주택 프로젝트의 복합형 코스트모델에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문, pp. 95-124, 1994.
- [13] 윤기병의 4인, "설계도면에서의 물량산출자동화연구(II)", 대한주택공사, pp. 65-92, 1992.
- [14] 강희완, "CAD를 이용한 건축상세도의 데이터베이스 구축에 관한 연구", 홍익대학교 대학원 석사학위논문, 1989.
- [15] 박경윤의 2인, "건설분류시스템의 현황과 개발방법", 한국건설기술연구원, 연구보고서, pp. 77-90 & pp. 193-262, 1985.
- [16] 이교선, 박종현, "건설업의 정보분류법에 의한 연구", 한국건설기술연구원 연구보고서, pp. 29, 1987.
- [17] 박찬용의 7인, "건설정보분류표준화연구", 한국건설기술연구원, 1994.
- [18] Fox software Inc. "FoxPro Developer's Guide" FoxSoftware Inc. 1991.
- [19] 김준욱, "폭스프로 2.5" 성안당, 1994.
- [20] Carr, R. L. "Cost-Estimating Principles", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 115, No. 4, 1992.
- [21] James Martin, "Information Engineering, Book II", Prentice-Hall International Editions, pp. 297-354, 1990.
- [22] Kasturi, R., et. al, "A System for Interpretation of Line Drawings". IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intel., PAMI-12, No. 10, pp. 978-992, 1990.
- [23] Atkin, B.L., "A Time/Cost Planning Technique for Early Design Evaluation, Building Cost Modelling and Computers", P. S. Brandon, pp. 145-153, 1987.
- [24] Mac Donald, "Doug, Make CAD Manage the Database", CAD/CAM International, pp. 55-58, 1987.
- [25] Bathurst, P. E. & Butler, D. A., "Building Cost Control Techniques and Economics, 2nd ed.", William Heinemann Ltd., 1982.
- [26] 현대건설 해외공사 기술부, "CI/SfB Construction Indexing Manual", 현대건설, 1976.
- [27] 박 석, "데이터베이스 시스템", 흥통과학출판사, 1989.

- [28] 우치수, "구조적기법 소프트웨어 공학", 상조사, 1987.
- [29] 우치수, "데이터베이스 환경의 실현 및 관리", 교학사, pp. 186-199, 1990.

- [30] 조규익, "데이터베이스설계", 홍릉과학출판사, 1994.
- [31] 건설공제조합, "철근콘크리트물량산출시스템 사용자지침서", 건설공제조합, 1994.



이 민 남

1980년 동국대학교 전자계산학과 (학사)
 1982년 연세대학교 대학원 전자계산학과(석사)
 1990년 정보관리기술사
 1993년 단국대학교 대학원 전자공학과 컴퓨터공학전공 박사과정 수료

1972년~79년 육군전자계산소 근무
 1980년~90년 국방전자계산소 근무
 1991년~현재 건설공제조합 전산부장
 관심분야: 프로젝트관리기법, 데이터베이스 설계, 컴퓨터네트워크



이 상 범

1974년 연세대학교 전자공학과 (학사)
 1978년 서울대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1986년 연세대학교 대학원 전자공학과(박사)
 1983년~84년 미국 IOWA대학 컴퓨터공학과 객원교수

1979년~92년 단국대학교 전자공학과 교수
 1993년~현재 단국대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 컴퓨터구조, 마이크로프로세서 응용, 영상처리시스템.