

건축구조설계 통합시스템을 위한 건축구조물의 모델링 Modeling of Building Structure for an Integrated Structural Design

김 치경* 홍 성목**
Kim, Chee Kyeong Hong, Sung Mok

ABSTRACT

This study serves as a part for the development of an integrated structural design system. Efficient data management is essential in engineering computer applications where the volume of data is large and the data flow and sharing are required. From a viewpoint of computer application, building structures can be considered to be a mass of data. The centralized database(CDB) and database management system frees the application from the details of managing data storage and retrieval while providing a common pool of information. For this, systematic information analysis and modeling have to be preceded. In this paper we described the result of database modeling of building structure.

1. 서 론

본 연구는 구조계획, 예비설계, 구조해석, 부재상세설계 등의 단계로 구분되는 건축구조물 설계 과정을 일괄 처리할 수 있는 실용적인 건축구조설계 통합시스템 개발을 궁극적인 목적으로 하여 수행되고 있다. 본 연구진은 그 간의 연구를 통하여, 건축구조설계 통합시스템 원형(prototype) 개발 및 시험을 완료하고 대한건축학회지 8권 11호에 그 결과를 발표한 바 있으며, 현재 이의 실용화를 위한 지속적인 연구와 프로그래밍을 수행하고 있다. 개발된 시스템 원형은 크게 객체기반(object base), 통합데이터베이스(CDB : Centralized Data Base) 및 데이터베이스 관리시스템(DBMS : Data Base Management System), 그래픽 사용자접속장치(GUI : Graphics User Interface)로 구성되었다. [8]

여기에서 CDB 및 DBMS는 구조설계 수행 과정에서 발생, 취급되는 제정보를 전담 관리하는 부분이다. 건축구조설계 통합시스템과 같이 그 안에서 방대한 양의 데이터가 취급되는 소프트웨어에서 데이터의 효율적인 관리(저장, 삭제, 탐색 등)와 데이터 흐름 및 공유 문제의 합리적인 해결은 시스템의 성패를 좌우할 수 있는 중요한 문제이다. [6][7] 그런데 하나의 데이터베이스를 이용하여 모든 설계 정보를 통합 관리하기 위해서는 대상 문제의 데이터구조, 본 연구의 경우 건축구조물의 정보구조를 컴퓨터 내에서 표현, 취급할 수 있는 형태로 체계화하는 작업이 선행되어야 한다. 이러한 작업에 대한 기술이 본 논문의 주된 논제이다. [3][4]

본 논문에서는 건축구조물 정보구조의 모델링 개념과 그 결과에 대하여 구체적으로 기술하고, 자체 개발한 DBMS의 특성과 이를 이용하여 모델링 결과를 시스템의 CDB 안에 표현하는 방법을 기술한다. 또한 건축계획설계 결과 중, 구조설계에 있어서 설계조건으로 작용하는 정보를

* 서울대학교 건축학과 대학원

** 서울대학교 건축학과 교수

추출하고 이에 대한 모델링 결과와 이의 입력을 위한 그래픽 사용자접속기능에 대하여 기술한다.

2. 건축구조물 정보구조 모델링

2.1 기본 개념

전산화 관점에서 볼 때, 건축구조물은 상호 유기적으로 연결된 데이터들의 결집체로 간주할 수 있다. 그러므로 구조설계 기능의 전산화를 위해서는, 건축구조물 표현에 필요한 제정보를 컴퓨터 내에서 표현 가능한 형태로 체계화하는 작업이 필요하다. 본 연구에서는 건축구조물의 정보구조를 관계형 데이터베이스 모델을 근간으로 객체지향설계법(OOD : Object-Oriented Design method)의 상속(inheritance) 개념을 혼합 사용하여 일관성있는 데이터베이스 형태로 모델링하였다. [4] 객체지향설계법은 소프트웨어 공학(software engineering) 기법의 하나로서 최근 실용화에 가장 접근한 방법으로 평가받고 있는데 이에 대한 구체적 기술은 생략하기로 한다. [2][5]

본 연구에서는 건축구조물을 구조적 관점에서 볼 때 하나의 개체로 취급할 수 있는 건축구조물 구성요소 단위로 분해하여 모델링하였다. [1][3] 그림1은 본 연구의 건축구조물 구성요소 분류 결과를 총괄적으로 보여준다. 구성요소는 구조물의 결합 정도에 따라 3차원시스템 요소, 2차원서브시스템(수평 서브시스템, 수직 서브시스템) 요소, 부재 요소로 3단계의 계층을 두어 크게 분류하였다. 이들 사이에는 1:N 관계가 존재하는데, 이는 여러개의 하위 단계 요소의 정보구조가 결합되어 상위 단계의 정보구조가 됨을 뜻한다.

이어서 각 단계 요소는 다시 요소의 기능, 사용 재료 등의 특성에 따라 여러 유형으로 분류된다. 이 분류 작업에서 객체지향설계법의 상속 개념이 효과적으로 사용되었다. 예로 부재요소 단계의 추가 분류를 살펴보면, 모든 부재요소의 공통된 정보구조는 부재라는 이름하에 기술된다. 보, 기둥, 가새 등의 요소는 부재요소로부터 파생되어 공통된 정보구조는 상속받고 각 유형에 독특한 정보만이 추가로 기술된다. 다시 철근콘크리트보, 철골보 등의 요소는 보요소로부터 공통된 정보구조를 상속받음으로써, 각 보의 형상 기술 등에 관련된 최소한의 정보만을

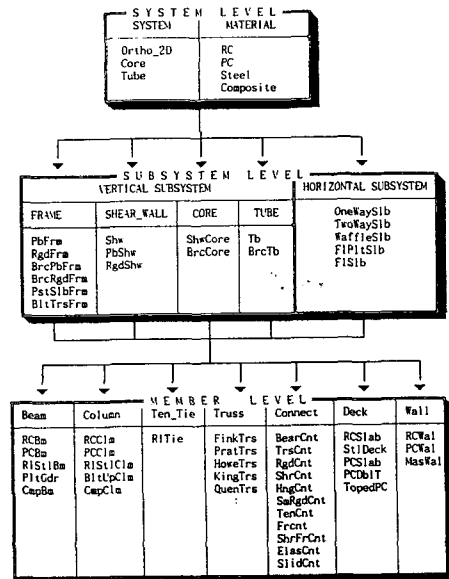


그림1. 건축구조물 구성요소

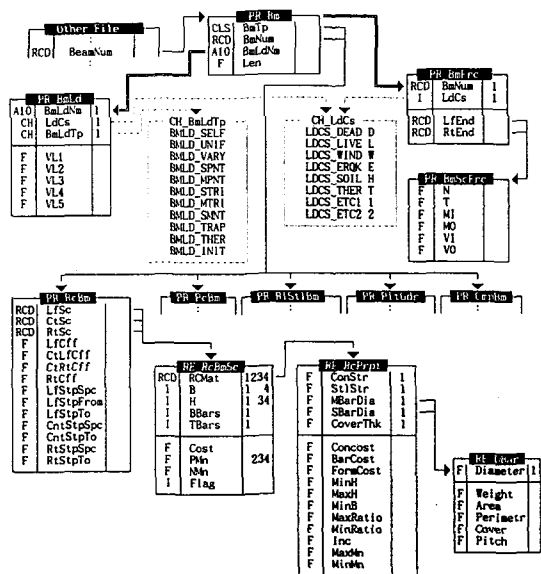


그림2. 보요소 정보구조 모델링

추가로 기술하면 완전한 정보구조가 기술될 수 있다. 이와 같은 상속 개념의 사용은 각 유형 부재의 설계기능 구현에 일관성을 줄 수 있고, 또한 새로운 유형의 추가나 정보구조의 변경을 용이하게 하는 장점이 있다.

이와 같은 정보구조 모델링에서 또 하나 특기할 만한 장점은 건축구조물 설계정보 관리 시의 일관성을 들 수 있다. 예로서 특정 골조를 구성하는 보 요소들의 정보 관리의 경우를 생각해 보면, 해당 골조가 소유하고 있는 보가 어떠한 유형의 보일지라도 동일한 방법에 의하여 골조에서 소유될 수 있다. 이는 각 보를 구별하는 기능을 하는 정보가 각 보 유형에 있지 않고 그들 상위에 있는 보요소로부터 상속받도록 모델링되기 때문이다.[8]

2.2 부재요소

보의 일반적인 유형과 정보구조를 그림2에서 볼 수 있으며, 특히 RC보에 대해서는 상세한 구조가 기술되어 있다. 보의 유형을 RC보(PR_RcBm), PC보(PR_PcBm), 형강보(PR_R1St1Bm), 플레이트거더(PR_PltGdr), 합성보(PR_CmpBm) 등으로 구분하였다. 보 대표파일(PR_Bm), 하중정보파일(PR_BmLd), 단면력정보파일(PR_BmFrc, PR_BmScFrc) 등은 모든 보 유형이 공유하도록 정의되었으며, 각 보 유형마다 나름의 형상데이터파일 (PR_RcBm, PR_PcBm, PR_R1St1Bm, ...)이 추가됨으로써 각 보 유형의 정보구조가 완성된다. 이러한 개념은 새로운 보 유형 추가 시 해당 유형의 특징적인 부분에만 노력을 집중할 수 있는 장점을 갖는다. PR_Bm 파일은 보요소 대표파일로서 여러 파일에 분산되어 있는 하나의 보에 대한 정보를 엮어내는 역할을 하며, 속성으로 보의 유형(BmTp)과 번호(BmNum), 보하중세트이름(BmLdNm), 양단 단면력세트(PR_BmFrc), 보 길이(Len) 등을 갖는다. 이러한 정보구조에 의하여 어떠한 유형의 보일지라도 동일한 방법에 의하여 타요소(Other File)에 의하여 소유될 수 있다. 즉, 보를 소유하는 타요소는 단지 해당 보를 구별하는 하나의 속성(BeamNum)만을 지니고 있는 것으로 충분하다.

2.3 서브시스템요소

서브시스템 요소는 크게 수직지지 및 횡지지 기능을 하는 수직서브시스템과 수평분산 및 횡분산 기능을 하는 수평서브시스템으로 구분된다.

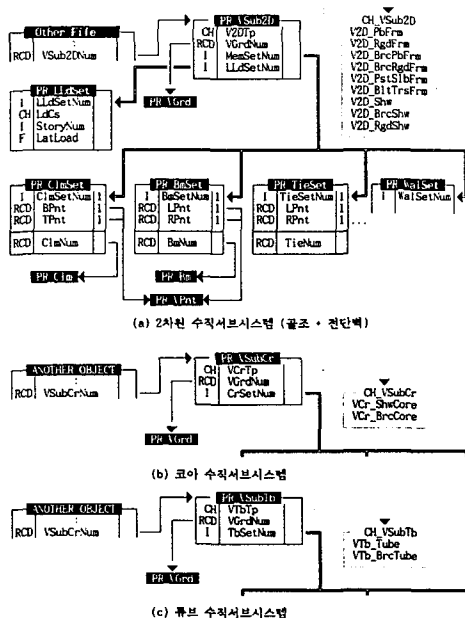


그림3. 수직서브시스템 요소 정보구조 모델링

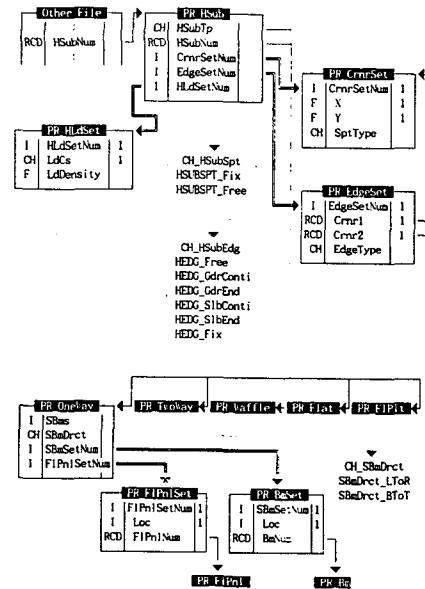


그림4. 수평서브시스템 정보구조 모델링

그림3은 각 유형 수직서브시스템의 정보구조를 보여준다. 특히 2차원 수직서브시스템 (PR_VSub2D) 유형에 대해서는 자세한 구조가 기술되어 있다. 수직서브시스템 정보구조는 관련 계 정보를 취합하는 대표파일(PR_VSub2D, PR_VSubCr, PR_VSubTb)과 각 층에서의 횡하중 정보 파일(PR_LLdSet), 그리고 수직서브시스템을 구성하는 여러 유형의 부재 세트 파일(PR_ClmSet, PR_BmSet, PR_TieSet, PR_WalSet)로 이루어진다. 각 부재세트 파일은 세트번호, 부재의 위치 (BPnt, TPnt, LPnt, RPnt), 그리고 해당 위치에서의 부재를 나타내는 부재 레코드 번호 (ClnNum, BmNum, TieNum)로 이루어진다.

수평서브시스템의 유형은 그림4에서 보듯이 중력하중 분산 방법에 따라 일방향슬래브, 이 방향슬래브, 좌플슬래브, 플랫폼레이트슬래브, 플랫폼슬래브 등으로 분류된다. 수평서브시스템의 취급 단위는 각층 평면내에서 모서리 또는 테두리가 수직서브시스템에 의하여 지지되는 한 베이(bay)로 한다. 여러개의 수평서브시스템과 수직서브시스템의 해당 층 수평 부재들이 모여 한 층의 바닥(PR_Floor)을 구성한다. 수평서브시스템(PR_HSub)의 정보구조는 관련 정보 취합을 위한 대표파일(PR_HSub), 중력하중 세트(PR_HldSet), 모서리 지지조건 세트(PR_CrnSet), 테두리 지지조건 세트(PR_EdgeSet), 각 유형 형상정보파일(PR_OneWay, PR_TwoWay, PR_Waffle, PR_Flat, PR_FlPt) 등으로 이루어진다.

2.4 시스템 요소

그림5는 시스템 요소의 정보구조를 보여준다. 시스템 요소는 수평 및 수직서브시스템이 결합되어 이루어지므로 정보구조도 크게 수평서브시스템 기술 부분과 수직서브시스템 기술 부분으로 구분된다. PR_Sys 파일은 시스템 요소에 관련되는 모든 정보를 취합하기 위한 대표파일이다. 이는 속성으로 시스템 유형(SysTp), 재료 유형(MatTp)과 서브시스템 세트번호(SubSetNum) 등을 갖는다. 수평서브시스템 기술은 각 층 평면(PR_Sp1Set, PR_Sp1) 단위로 이루어진다. 한 층의 평면은 베이 단위의 수평서브시스템(PR_HSubSet)들과 각 베이 사이의 보(PR_GdrSet), 그리고 기둥(PR_ClmSet) 및 내력벽(PR_BWalSet) 등으로 구성된다.

수직서브시스템 기술은 이차원 수직서브시스템 세트(PR_VSub2DSet), 코아 수직서브시스템 세트(PR_VSubCrSet), 튜브 수직서브시스템 세트(PR_VSubTbSet) 파일 등에 의하여 이루어지며,

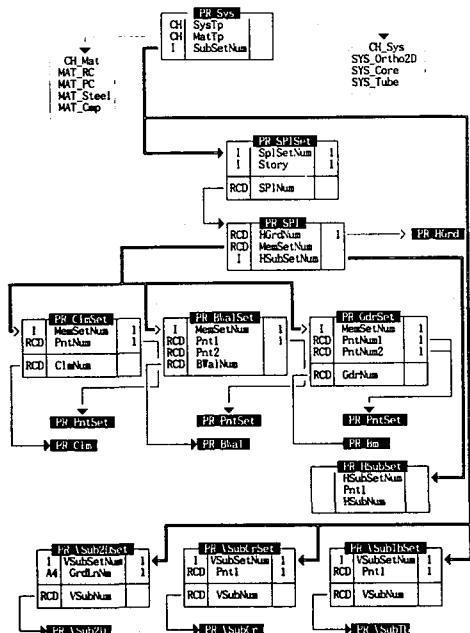


그림5. 시스템 요소 정보구조 모델링

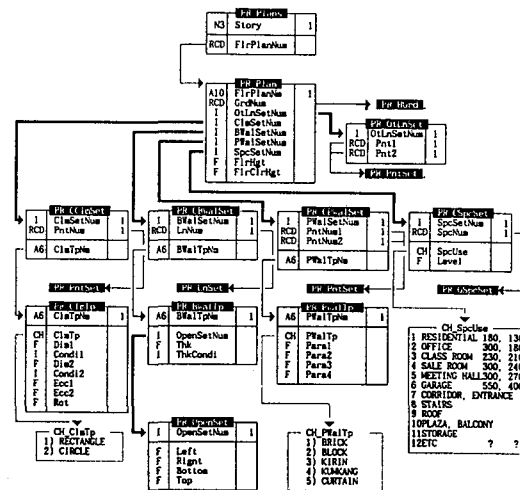


그림6. 설계조건 정보구조 모델링

위치속성(GrdLnNum, Pnt1, Pnt2)과 그 위치에서의 해당 유형 요소 번호 속성(VSubNum)으로 이루어진다.

3. 설계조건 정보구조 모델링

3.1 설계조건 정보구조 모델링

건축구조설계의 첫 단계는 건축구조물이 만족시켜야 할 다양한 설계조건을 정의하는 작업이다. 설계조건은 많은 부분은 건축물의 계획설계 결과에 의하여 주어지게 되는데 이러한 조건들을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 공간구성 : 평면의 형상, 각 층의 전체 층고와 순수 층고
- (2) 공간의 용도 : 적재하중 분포
- (3) 평면구성 : 외벽, 간막이벽, 기타 고정 설치물 분포 : 고정하중
- (4) 평면 내 수직부재(기둥, 내력벽, 코아)의 위치와 크기

그림6은 이러한 내용으로 구성된 설계조건 정보구조를 보여준다. 전체 건물은 층수만큼의 평면정보(PR_Plan)로 이루어진다. 각 층의 평면형상은 수평그리드(PR_HGrd)와 외곽선(PR_OtLnSet)에 의하여 정의되며, 전체층고(FlrHgt)와 순수층고(FlrClrHgt)가 주어진다. 기둥(PR_CC1mSet)과 내력벽(PR_CBWalSet)의 위치(PntNum, LnNum)와 형태(PR_C1mTp, PR_BWalTp)는 구조계획의 중요한 요소이지만, 평면 기능상 계획설계의 영향을 많이 받기 때문에 설계조건으로 입력된다. 기둥형태정보(PR_C1mTp)는 기둥의 모양(C1mTp)과 크기조건(Dim1-Condi2), 그리드 라인으로부터의 편심(Ecc1, Ecc2), 및 회전(Rot) 등이 주어진다. 내력벽정보(PR_BWalTp)는 내력벽의 두께(Thk, ThkCondi)와 개구부정보(PR_OpenSet)로 이루어진다. 간막이벽정보(PR_PWalSet)는 구조물의 고정하중 산정에 사용되는데 벽체의 위치(PntNum1, PntNum2)와 종류(PWalType->CH_PWalTp)가 기술된다. 평면용도(PR_SpcSet)조건은 평면 내의 각 부분(SpcNum)의 용도(CH_Spc Use)를 지정함으로써 적재하중 산정에 사용된다.

3.2 설계조건 입력

본 연구에서는 건축적 단위(기둥, 보, 평면용도, 하중)에 의하여 건축물의 형상 및 설계조건 입력이 가능하고, 건축구조설계 관점에서 볼 때 꼭 필요한 기능만을 제공하면서도 입력 결과가 이후 구조설계 기능 수행에 직접 사용될 수 있는, 그래픽 사용자접속장치를 구현하였다. 이의 작업 결과는 3.1절에서 기술된 정보구조로 변화되어 데이터베이스에 저장된다. 그림 7-그림12는 설계조건 입력 과정 중의 화면을 보여준다.

그림7은 층정보를 입력하는 화면으로서, 평면 유형 선택, 전체 층고, 순수 층고 등이 입력된다. 그림8은 그리드라인과 평면 외곽선이 입력 완료된 화면으로 그리드라인은 구조적 부재가 배치될 수 있는 위치를 나타내는 역할을 한다. 외곽선 입력이 완료되면 시스템은 평면 내부의 그리드라인 교차점 등을 찾아 내며, 구조적 부재(기둥, 내력벽, 큰보)는 교차점에만 배치될 수 있다. 그림9는 기둥의 유형을 입력, 선택하는 화면이며, 그림10은 기둥과 내력벽의 입력이 완료된 화면이다. 그림11은 간막이벽의 유형을 선택하고 평면 내에 배치하는 화면이며, 그림12는 평면 용도의 유형을 선택하고 이를 평면 내에서 지정하는 화면을 보여준다.

4. 전용 데이터베이스 관리시스템의 개발

2장 3장에서 기술된 건축구조물과 설계조건에 대한 정보구조 모델링 결과는, 본 연구의 최종 결과물인 건축구조설계 통합시스템 내의 CDB에 구축되어 설계정보 관리를 전담하게 된다. 본 연구에서는 엔지니어링 데이터베이스의 특성을 살리고, 시스템 내의 타 요소들과의 관계를

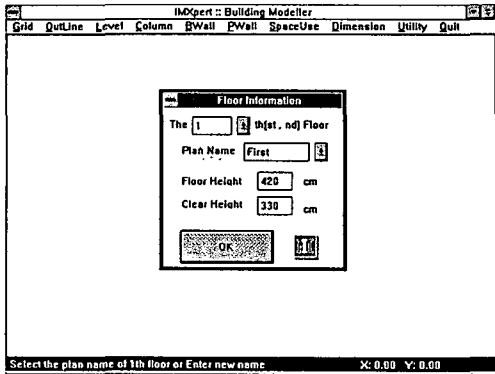


그림7. 층정보 입력

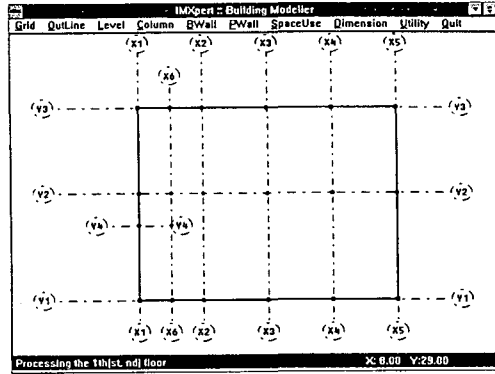


그림8. 그리드라인 및 외곽선 입력

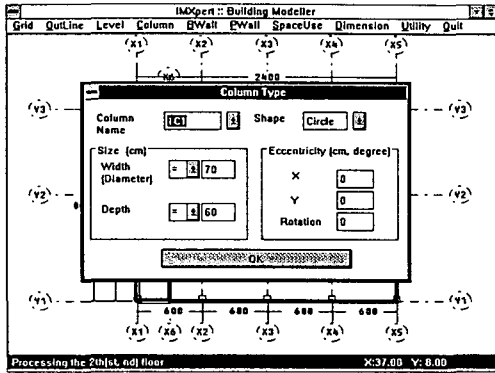


그림9. 기둥 유형 입력 및 선택

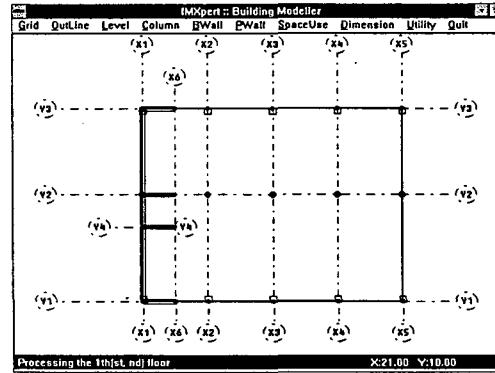


그림10. 기둥과 내력벽의 입력

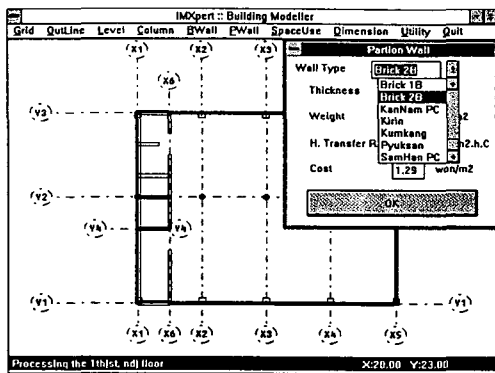


그림11. 간막이벽 유형 선택과 배치

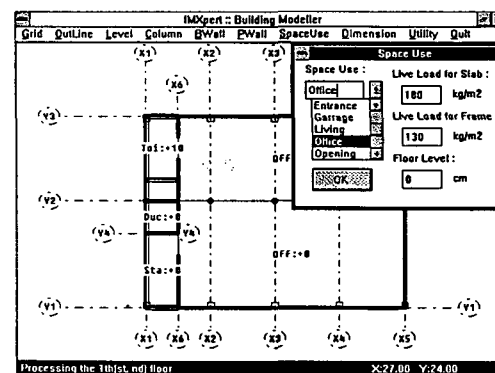


그림12. 평면 용도 유형 선택과 지정

고려하여 본 시스템 전용의 DBMS를 개발하였다. 본 DBMS는 여타의 DBMS와 마찬가지로 데이터베이스 관리언어(DML)와 데이터 정의언어(DDL)로 구성된다. 그림13은 시스템의 데이터베이스 검색 유틸리티를 사용하여 기둥의 단면력을 직접 검색하는 화면이며, 그림14는 DDL 사용의 가장 간단한 예로서 철근의 데이터베이스 구조를 기술한 예이다. 여타 DBMS와 비교할 때 본 DBMS의 주목할 만한 특성으로는 다양한 데이터형(지수형 실수, 벡터, 도형 등)의 지원과, 데이터베이스 구조와 시스템과의 일체성에 의한 데이터 관리 효율성을 들 수 있다. [6][7]

5. 결론

이상의 연구를 통하여 얻은 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 건축구조물의 정보구조를 시스템 요소, 수평 및 수직 서브시스템 요소, 부재 요소의 3단계로 분류하여 모델링함으로써, 이들의 계층적 결합에 의하여 다양한 건축구조물의 정보구조 표현이 가능하였다.
- 2) 각 요소 정보구조 모델링 시 객체지향설계법의 상속 개념을 적절히 사용함으로써, 정보관리와 각 요소 설계기능 구현에 일관성을 유지할 수 있을 것으로 기대되며, 새로운 요소 유형의 추가나 정보구조의 변경 등이 용이하다.
- 3) 하나의 통합데이터베이스가 구조설계 관련 제 정보를 전담 관리함으로써, 방대한 양의 설계 정보에 대한 효율적 관리가 가능하고, 각 기능간의 정보 흐름 및 공유의 문제를 합리적으로 해결할 수 있다.
- 4) 시스템 사용에 의한 구조설계 작업 결과가 하나의 통합데이터베이스에 체계적으로 정리되므로, 그 결과에 대한 타 분야에서의 계속적인 연계 사용이 용이할 것으로 기대된다.
- 5) 통합데이터베이스 도입에 의하여 건축구조설계 각 과정간의 데이터 입출력이 자동화됨으로써 과거 중간 데이터의 방대함 때문에 부득이 건축구조물을 2차원 골조 단위로 분해하여 취급하던 관습에서 탈피하여 각 층 평면 단위에 의한, 건축구조물의 3차원적 표현과 취급이 가능하다.

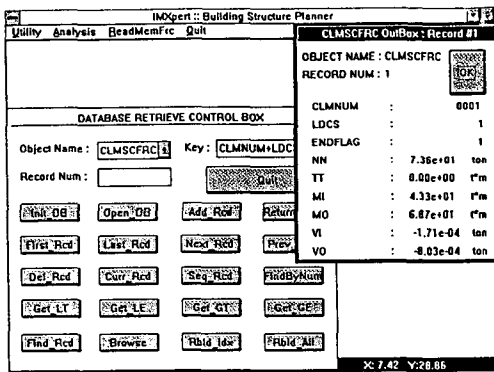


그림13. 데이터베이스 검색 유틸리티 사용

```
#object dbr      : define deformed bar object
#dictionary     : list data elements
DIA,           F, 4, 0, "mm"
WGT,           F, 6, 2, "ton/m"
AREA,          F, 6, 2, "cm2"
PERI,          F, 6, 2, "cm"
COVER,         F, 6, 2, "cm"
PITCH,         F, 6, 2, "cm"
#end dictionary
#file DBAR, R   : define data file structure
DIA
WGT
AREA
PERI
COVER
PITCH
#end file
#key DBAR      DIA : define sorted element
#end object
```

그림14. DDL에 의한 정보구조 표현

참고 문헌

1. Coleman, R. A., Structural Systems Design, Prentice-Hall, 1983.
2. Cox, B. J. & Novobilski, A. J., Object- Oriented Programming : an Evolutionary Approach, 2nd Ed., Addison-Wesley, Ma, 1991.
3. Howard, H. C., Abdalla, J. A., & Phan, D. H. D., "Primitive-Composite Approach for Structural Data Modeling", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol.6, No.1. pp.19-40, 1992.1.
4. Law, K. H., "A Formal Approach for Managing Building Design Information in a Shareable Relational Framework", Proceedings of the 4th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, pp.339-346, Tokyo, 1991.
5. Pressman, Roger S., Software Engineering:A Practitioner's Approach , 2nd ed., McGraw-Hill, 1987.
6. Rehak, Daniel R. & Howard, H. Craig, "Interfacing Expert Systems with Design Databases in Integrated CAD Systems", Computer-Aided Design, Vol.17, No.9, 1985.
7. Stevens, Al, C Database Development, McGraw-Hill, 1987.
8. 김치경, 홍성목, "객체지향설계법을 이용한 건축구조 통합시스템 개발에 관한 연구", 대한 건축학회논문집 8(11), pp.129-140, 1992.11.
9. Hong, Sung Mok, & Kim, Chee Kyeong, "Integrated Information Management Expert System for Structural Engineering of Buildings", Microcomputers in Civil Engineering, Vol. 8, No.1, Elsevier Applied Science, 1993.