1991년도 봄
한국전산구조공학회 학술발표회 논문집

건축구조설계의 통합시스템을 위한 데이타베이스의 구축

Database for an Integrated Structural Design of Buildings

김 이 두 *　　최 창 근 **
Kim, E-Doo　　Choi, Chang-Koon

ABSTRACT

This paper presents database technique for an computer-integrated structural design system of buildings. Network database designed to support all the processes of structural design, such as, planning, modelling, analysis, member design and redesign processes etc. stores all information from user input and system results effectively and so provides centeral communication area between applications. The user interface with interactive and batch modes plays roles of building modeler including conventional pre-processor and post-processor. The concepts of 'Planar Surface Modeling' and 'Geometry Zoning' are defined for easy construction of building model. The concept presented in this paper will save the time and memory required for model generation and contribute to data consistency, thus leave a designer more time actually performing the analyses and interpreting the results. The formulation of automating the process of bulilding modeling and structural analysis is the key to study.

1. 서 론

컴퓨터에 의한 건축설계 통합시스템은 계획, 예비설계, 구조해석, 부재 및 연결부설계, 평가등의 과정을 하나의 시스템으로함을 목적으로 하고 있다. 이러한 통합시스템은 정보를 체계적으로 처리함으로서 데이타의 복사나 이와 관련한 노력을 줄이고, 발생가능한 에러를 방지할 수 있어 작업의 효율을 한층 더 높일 수 있다. 이러한 통합시스템은 아직 초보단계에 있다[Refs.1-3]. 기존의 유한요소프로그램에서 행하는 구조해석의 과정은 크게 다음의 세 단계, 즉, 전처리(Pre-Processing), 처리(Processing), 그리고 후처리과정(Post-Processing)등이다. 전처리과정에서는 주로 구조물의 모델을 구축하고, 이를 구조해석프로그램에 합당한 양식으로 입력파일을 만든다. 이 과정은 구조해석과정에 부차되는 것이지만 구조해석 수행 전시간의 대부분을 여기서 소비하게 되므로 아주 중요한 부분이다[Refs.2]. 이러한 연유로 대부분의 유한요소프로그램은 전처리기를 동반하고 있다. 구조해석의 과정 및 후처리과정은 이미 많은 프로그램으로 자동화되어가고 있다. 이와같은 전, 후처리기는 기본적으로 다음과 같은 결점을 가지고 있다.

1. 고층건물과 같은 복잡한 구조물을 모델링하기가 어렵다. 위와같은 전처리기에도 불구하고, 실제의 구조해석과정에서는 도면으로부터 구조물의 데이타를 추출하는 과정 즉, 구조물의 기하학적데이타 및 구조성질(재료, 단면, 경계조건, 하중등) 등은 대부분이 수작업으로 진행되고 있는 실정이다. 그러므로 전처리기가 많은 시간을 절약시켜주지만 합리적인 수준까지는 모델구성을 위한 노력을 감소시키지는 않는다. 즉, 자동재생옵션을 이용하더라도 사용자가 결국 어떤 법칙을 만들어야 하고, 또한 잘못된 결과를 가져다줄 수 있는 값에 대한 수치적인 점검이 뒤따라야 한다. 구조해석의 대부분을 차지하는 데이타는 형상데이타인데, 이를 쉽게 처리하기 어려운 이유는 유한요소법이 절점중심으로 데이타를 처리하기 때문이다.

2. 현재 작성된 구조해석용 데이타파일이 재해석이나 요소의 설계과정에서 곧바로 활용되기는 어렵다. 즉 구조물의 변경이 요구되는 경우에는 입력파일의 일부분 또는 대부분을 새로 작성하여야 하며, 요소설계를 위해서는 관련데이타를 방대한 출력파일에서 모델데이타를 참고하여 찾아야한다.

3. 지나간 프로젝트에 관한 설계데이타를 현재의 설계작업과정에서 곧바로 활용하기가 어렵다. 대부분의 구조데이타는 문서화되어 있어, 컴퓨터에 저장된 파일형태로 곧바로 활용하기가 어렵다.

* 정회원 울산대학교 건축학과 조교수
** 정회원 한국과학기술원 토목공학과 교수

기존의 유한요소프로그램이 가지는 이와같은 단점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 데이타베이스기법을 이용하여 구조설계의 전과정에서 발생하는 데이타를 체계적으로 관리하며, 각 과정을 지원해주는 건축설계 통합시스템을 위한 모델을 제시한다. 본 연구에서의 주제는 구조물의 모델링과정과 구조해석의 과정을 자동화 할 수 있는 모델을 제시하는 것이며, 결과의 처리과정은 다음연구에서 제시될 것이다.

2. 데이타베이스의 설계

2.1 건축설계를 위한 데이타베이스의 조건

컴퓨터에 의한 건축물의 구조설계를 위해 요구되는 기능은 다음과 같이 요약된다.

- 건축적인 접근방법 : 건축물의 설계과정에서 대부분의 전문가가 취하는 태도는 계층적이다. 즉 자세한 세부사항을 결정하기 전에 개략적인 개념이 먼저 결정된다. 예를들면, 건물에 대한 개략적인 사항으로부터 합당한 구조시스템을 선정함으로서 프레임단계가 결정되고, 계속하여 각 요소가 처리된다[Refs.4-7]. 이러한 접근방법은 절점을 기준으로 하는 기존의 유한요소의 모델링과정과는 다르다. 이러한 계층적인 접근방법을 구현하면, 낮은 레벨의 작업은 높은 레벨의 작업이 수행될 때 자동적으로 뒤따르는 것이 가능하게 된다. 즉 프레임이 결정되어 데이타가 입력/제거되면 해당 프레임을 구성하는 각 요소들은 프레임의 데이타에 따라 자동적으로 재생/제거된다.

- 설계를 위한 데이타구조 : 위에서 언급한 계층적인 구조는 각 데이타간의 관계가 데이타자체로 정의되어 있어 융통성이 적다. 그러므로 주로 해석적모델에 적합하다. 그러나 계획 및 설계과정에는 설계자의 의도에 따라 데이타의 변경 및 수정이 항상 뒤따르므로 이를 감안할 수 있는 데이타의 구조가 필요하다. 또한 상위레벨의 처리로 하위레벨이 자동적으로 재생되는 경우에는, 하위레벨의 각 요소의 관계는 자동적으로 고려되어야 한다. 예를들면 건물을 2차원 또는 3차원의 프레임의 조합으로 가정할 때, 기둥 및 보는 두개의 프레임에 속하게 되므로 이러한 경우에는 하나의 데이타항목으로 정리되어야 한다.

- 해석프로그램과의 인터페이스 : 설계자의 의도에 따라 모델링중 일부분만이 구조해석용 데이타로 추출되어 해석프로그램에 맞게 입력데이타가 전달되어야 한다. 그리고 해석의 결과는 관련된 데이타항목으로 저장되어 결과의 쉬운 이해를 위해 정리될 수 있어야 한다.

- 형상데이타와 구조데이타의 통합 : 유한요소법에 의한 구조해석의 대부분을 차지하는 형상데이타(절점(Node)와 각 요소데이타(Connectivity))를 처리하기가 간편하고, 이들의 변화로 유발되는 형상데이타 및 구조관련데이타가 자동적으로 수정이 되어야 한다. 그리고 기존의 프로그램에서는 각 설계단계에서 이미 정해진 데이타에 접근하거나 변경 및 삭제를 하기 위해서는 모델 도면을 참조하거나 또는 사용자의 기억에 의존하였는데, 현실적으로는 설계정보를 화면상에서 직접 조작할 수 있는 기능이 요구된다.

위와같은 문제들은 네트워크 모형에 의한 데이타베이스상에서 데이타구조의 효율적인 구성으로 해결될 수 있다. 네트워크데이타베이스는 복잡한 데이타 구조나 부재의 구성이 완전히 정의되지 않거나 변경이 뒤따르게 되는 설계단계에서 유용하다. 네트워크 데이타베이스상에서는 정보의 기본단위는 객체(Object/Record)와, 주체(Owner)와 구성원(Member)라는 객체간의 관계를 나타내는 관계성(relationship)으로 정의된다. 네트워크데이타베이스의 장점은 1:N 또는 M:N의 관계를 쉽게 표현할 수 있다는 것이다. 이러한 관계성은 관심있는 레코드를 탐색하여 찾을 수 있게 해 주며, 이로부터 데이타의 정의나 수정 그리고 삭제가 가능하다. 네트워크데이타베이스에 관심있는 독자는 참고문헌 [Refs.10]을 권한다.

2.2 데이타구조의 개념

건축구조를 표현하는 방법으로서는 크게 두가지로 분류된다. 첫째는 프레임단위로 표현하는 방법이고, 둘째는 구성부재들의 단위로 표현하는 것이다. 프레임으로 건물을 표현할 경우에는 대부분의 건물이 높이방향으로 배치되는 수평(층)프레임과 두 방향의 수평으로 배치되는 수직프레임으로 구성된다는 가정이 필요하다. 부재단위로 표현할 경우에는 건축물의 물리적 구성요소인 슬라브, 보, 기둥, 트러스 그리고 벽체요소 등으로 이루어진다. 유한요소에서 묘사하는 후자의 방법은 많은 데이타를 요구하게 되므로 건물에는 부적절하다. 현실적인 면을 고려하면 전자의 방법이 적절하므로, 여기서 문제가 되는 것은 프레임이 삽입/삭제가 되는 경우 해당 프레임내부의 구성요소들이 변경이 자동적으로 뒤따라야 한다는 것이다. 이 방법은 다소 기존의 유한요소에서 제공하는 자동재생기능과 비슷하지만 재생된 부재의 개별처리가 즉석에서 가능하고 사용자가 번호를 부여하는 번거로움으로부터 자유스럽다는 장점이 있다. 그리고 여러개의 그리드를 가지게 되는 요소, 예를들면 바닥부터 옥상까지 배치되는 기둥이나 각 층면적크기의 슬라브등이 입력될 때는, 자동적으로 부재가 그리드상에서 분리될 수 있어야 한다. 그러므로 건물을 효율적으로 묘사하기 위해서는 위의 두가지 방법이 모두 가능해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같이 'Planar Surface Modeling'과 'Geometry Zoning'이라는 개념이 사용되었다.

1. 평면(Planar Surface)이 건축물을 묘사하기 위한 기본요소로 사용되며, 이들의 입력시 교차되는 선(intersection line)과 이들의 교차로 발생되는 점(intersection point)이 자동적으로 재생되는 방법을 강구하였다. 사용자가 원하면 지정된 평면상에서 선을 입력할 수 있고, 평면과 선을 지정하면 원하는 점을 입력할 수 있다. 재생된 모든 점, 각 점들의 사이에 놓이는 모든 선(1-D Zone), 그리고 각 선들로 둘러쌓인 모든 면적(2-D Zone)은 구조해석 및 설계를 위한 구조적 요소의 후보지로 가정하여, 각 항목에 대한 레코드가 자동으로 재생된다.

2. 위와같이 건물에 대한 기하학적 데이타(Geometry Topology)가 구성되면 구조적 성질, 즉, 노드에 대해서는 경계조건이나 절점하중등, 각 Zone에 대해서는 재료성질,단면성질,요소분포하중등을 각 기하학 데이타에 지정할 수 있다. 그러나 각 기하학적 데이타항목

이 구조요소화로 될 때까지는 구조관련데이타를 가지고 있더라도 사용되지는 않는다. 본 연구에서는 재생되는 각 요소(점,선,면)중에서 다음과 같을 경우에는 자동적으로 구조요소로 가정하였다. 모든 점중에서 선의 경계를 나타내는 점이면서 동시에 교차되지 않은 점을 제외한 모든 점을 노드(Node)로 하고, 각 노드들의 사이에 놓이는 1-D Zone, 그리고 모든 2-D Zone을 구조해석 및 설계를 위한 구조적 요소(Node, 1-D 그리고 2-D요소, 또는 하중요소)의 후보지로서 가정하였다. 이러한 사항은 사용자가 원하면 변경할 수 있다.

3. 건물의 기하학적인 데이타가 변경이 되면, 이미 정의된 구조적 성질도 변경되어야 한다. 새로운 기하요소의 입력으로 기존의 기하데이타가 분리될 경우에는 이미 정의된 구조관련데이타는 자동적으로 계승되며, 요소의 제거로 다른 요소들이 합해져야 할 경우에는 관련되는 데이타의 항목을 비교하여 틀린경우에는 사용자의 선택에 의하여 결정된다.

2.3 데이타의 구조

건물의 표현을 위하여 본 연구에서 구성한 데이타의 구조는 그림 1과 같다. 그림에서 사각형은 객체(Object)를 나타내며, 화살표는 연결된 레코드사이의 관계를 표현한다. 각 레코드에 관한 설명은 다음과 같다.

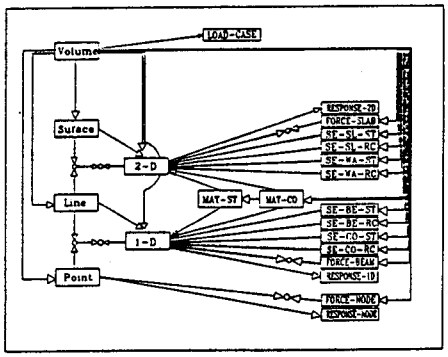


그림 1 건축구조물의 데이타 구조

(1) 기하학 데이타

- Volume Object : 모든 레코드의 부모레코드(root)로서 건물에 관한 개요에 관한 사항, 현재의 그래픽 상태에 관한 사항, 그리고 각 레코드와의 관계에 대한 정보를 저장하여 차후의 작업시에 이전의 종료된 상태에서 다시 시작할 수 있게하며, 각 레코드와의 관계는 관련 항목을 탐색하기 위한 시발점을 제공한다.

- Surface Object : 평면(Planar Surface)을 정의하기 위해서는 직선상에 있지 않은 세점과 평면의 크기를 입력한다. 세 점으로부터 평면의 국부좌표계를 계산하여 저장함으로서 전체좌표계에서 평면좌표계로, 또는 그 반대의 경우에 좌표변환에 관한 정보를 제공한다.

- Line Object : 교차되는 선은 현재 입력한 평면, 그리고 미리입력된 평면중 교차가 되는 평면, 그리고 두 평면의 공통된 공간을 나타내는 6개의 평면들중의 한 평면등, 세 평면의 방정식의 해를 구함으로서 시작점과 끝점이 구해진다. 사용자가 원하면 해당 평면상에 국부좌표계로 두 점을 입력하거나, 마우스(mouse)로 두 점을 선택함으로서 직접 입력할 수 있다. 선의 데이타항목에는 단면성질을 정의할 경우에 대비하여(예, 단면의 Ix방향설정시) 선의 국부좌표계등이 저장된다. 교차되는 선인 경우에는 그 선의 소속이 두 평면에 있게 되는데, 이를 표현하기 위하여 Surface레코드와 Line레코드사이에는 중계레코드(Dummy Record)가 정의된다. 이 레코드에 의하여 두 객체의 다:다의 관계가 가능케된다.

- Point Object : 현재 입력한 선과 그 선이 소속하는 평면상에 이미 존재하는 선들과의 교차점은 해당평면상의 국부좌표계를 이용하여 두 선의 공통된 경계안에서 방정식의 해를 구함으로서 구해진다. 사용자가 원하는 점은 현재의 선을 지정하면 직접 입력할 수 있다. 각 선과 각 점들간에는 다:다관계를 정의하기 위한 레코드가 있다.

- 1-D Zone Object : 모든 점들의 사이에 존재하는 선요소는 1-D Zone이 되는데, 이러한 Zone중에서 두개의 노드사이에 있게되는 Zone은 자동적으로 구조화(요소화)된다. 데이타항목에는 구조해석을 위한 데이타이외에 부재력에 의해 요구되는 단면크기, 규준에 의해 허용되는 처짐, 단면력 및 응력등이 저장된다.

- 2-D Zone Object : 평면상에서 선으로 둘러쌓인 2-D Zone은 벽체 및 슬라브를 묘사하는데 이용된다. 데이타항목에는 허용되는 처짐, 단면력과 허용응력등이 있다.

(2) 구조성질의 표현

구조성질의 대부분은 구조성질을 나타내는 레코드를 주체로하고, 원하는 기하학 요소를 구성원으로 하는 관계를 정의함으로서 연결(Connect)된다. 원하는 기하학 요소를 쉽게 선택하기 위하여 본 연구에서는 3차원 volume 또는 특정한 평면이나 선등으로 그루핑할 수 있다. 구조성질을 나타내는 레코드의 종류는 다음과 같다.

- Material Objects : 재료성질은 쇠(steel)와 콘크리트(concrete)로 대별되는데, 철골요소일 경우에는 steel레코드만이 연결되고, 철근콘크리트일 경우에는 steel과 concrete 모두 연결된다. 각 재료의 데이타항목에는 구조재료상수들이 보관되며, 입력의 편의를 위하여 현재 사용되고 있는 각 10개정도의 재료데이타를 초기화할 수 있다.

- Section Objects : 부재의 단면성질을 나타내는 레코드로서 요소(규준에 의한 분류)종류와 재료에 따라 8종류로 구성된다[Refs. 11-13]. 특히 보와 기둥일 경우에는 일상적으로 사용될 수 있는 단면성질이 보관되어 있다. 철골보인 경우에는 약 50개, 철골기둥일 경우에는 약 60개이며, 철근콘크리트 보인 경우에는 D19와 D22에 대하야 각각 250개정도의 데이타가 있으며, 철근콘크리트 기둥일 경우에는 D19, D22와 D25에 대하여 각각 250개 정도의 데이타가 있다. 이들은 사용자

가 원할 경우에는 초기화된다. 단면의 데이타에 대해서는 참고문헌[14-15]를 참조할 수 있다.

- Loading Object : 건물에 가해지는 하중을 모델하기 위하여 본 연구에서는 하중을 나타내는 레코드로서 절점에 가하는 절점하중레코드(Force Node), 1-D Zone의 보요소에 가하는 레코드(Force Beam) 그리고 2-D Zone에 가하는 레코드(Force Slab)등이 있다. 그리고 하중의 타입(또는 그룹)에 따라 분류하기 위하여 각 레코드의 작성시 그룹을 명시(예를들면, DL, LL, BL, WL, EL 등)하도록 하였다. 각 하중레코드는 연결될 기하학요소와의 관계성이 있으므로, 사용자가 실수로 Force-Node레코드를 1-D Zone에 가하더라도 실행은 되지않으므로 에러를 사전에 방지할 수 있다.

- Load Combination Object : 위에서 정의된 하중들을 여러 상태에서 해석하기 위하여 하중을 조합하는데 관한 레코드이다. 이들의 데이타는 volume레코드에서 설계규준(예, 한국)을 입력하면 자동적으로 재생된다.

- Response Object : 구조해석의 결과를 데이타베이스 파일에 저장하기 위한 레코드로서 해석이 수행되면 자동적으로 전달된다. 해석결과의 저장레코드로는 절점에 대해서는 Response-Node, 1-D 요소에 대해서는 Response-1-D, 그리고 2-D 요소에 대해서는 Response-2-D가 있다. Response-Node레코드에는 변위가 저장되고, 나머지에는 각 부재의 처짐 및 부재력이 저장된다. 이들 각각의 갯수는 하중조합의 수만큼 재생된다.

(3) 기타의 레코드

현재의 연구단계에서는 1:N의 관계성(Relationship)만을 이용하므로 그림1에서 보는 바와 같이 M:N을 묘사하기 위한 중계레코드(Dummy Record)가 사용되었다. 예를들면 하나의 1-D Zone은 여러개의 Force-Beam레코드를 가질 수 있고, 하나의 Force-Beam레코드는 여러개의 1-D Zone에 가해질 수 있다. 이러한 중계레코드는 시스템에 의하여 자동재생된다.

3. 프로그램의 구현

본 연구에서의 망구조(Network) 데이타베이스는 C언어에 의하여 SUN 3/150 워크스테이션에서 구현되었으며, 프로그램의 크기는 총 12000라인정도이고 그 중에서 데이타관리시스템은 2000라인정도이다. 그래픽 라이브러리로서 기본요소는 Sun view[Refs.16]가 사용되었으며 대부분은 본 연구에서 프로그래밍되었다[Refs.17]. 시스템의 구조는 그림 2과 같다. 본 연구에서 제공하는 사용자 인터페이스는 사용자레벨의 데이타조작어(DML; Data Manipulation Language)로서 사용방법은 배치(Batch)및 대화식(Interactive) 모두 가능하다. 이는 명령어 처리부와 명령어 실행부로 분류된다. 명령어처리부(Command Interpreter)는 사용자로부터 명령어를 받아들여 이를 분석하고, 관련된 실행함수로 연결시킨다. 명령어 실행부(Command Functions)는 주어진 명령에 부합하는 함수들이 실행되는 부분이다. 수행되는 내용들은 건물의 모델링을 위한 부분, 구조해석프로그램과의 인터페이스를 위한부분(현재는 사용자가 지정하는 범위의 데이타를 외부파일 형태로 전달한다), 그리고 위의 과정에서 발생하는 기하학 및 구조데이타의 일부를 그래픽으로 표현하는 부분등이 있다. 기타, 각 레코드들의 데이타항목의 값을 검토하고 수정하기 위하여 현재의 데이타구조상을 자유롭게 탐색할 수 있는 함수가 있다. 데이타베이스 관리시스템(DBMS)은 데이타베이스 파일로부터 데이타를 읽거나 저장하는 기능을 담당한다. 본 연구에서는 이를 위하여 CAD/CAM분야의 응용에 널리 알려져 있는 TORNADO[Refs.9]를 모델로하여 30여개의 기본함수들이 개발되었다. 이러한 기본함수들은 Record와 Set의 형태로 데이타를 처리하기 위한 것이다.

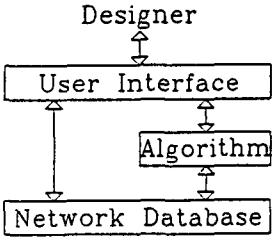


그림 2 데이타 베이스의 구성

4. 실행 예

시스템의 실행을 검토하기 위하여 다음의 두 예제가 검토되었다.

예제 1. 대상건물로서 U 대학의 강의동이 모델링되었는데, 배치형식으로 수행하여 수행결과는 그림 3과 같다. 입력파일을 준비하는 시간을 제외한 실행시간은 약 17분정도였다. 그림 3(a)는 데이타베이스의 수행직후의 결과를 보여주는데, 평면의 입력과정에서 재생된 교차선과 교차점을 볼수있다. 그림 3(b),(c),d),(e),(f)는 사용된 평면, 재생된 교차선과 교차점, 구조요소화된 1-D Zone, 모든 2-D Zone을 보여준다. 본 연구에서 건물을 모델링하기 위하여 입력된 평면은 12개이고, 이로인하여 재생된 교차선은 40개, 교차점은 117개, 1-D Zone은 157개 그리고 2-D Zone은 49개였다. 그림 3(g)는 사용자의 요구에 의하여 원하는 평면(현재는 최하층)에서던지 점,선,면을 화면상에서 확인할 수 있음을 제시한다. 그림 3(h)는 그림 3(g)의 평면상에 사용자가 원하는 구조계획을 추가하였을 경우의 데이타 처리결과를 보여준다. 이 과정에서의 데이타의 변화는 기하학적인 점,선,면의 처리이외에도 새로 생겨난 요소에 대해서는 이전의 구조성질이 전달된다.

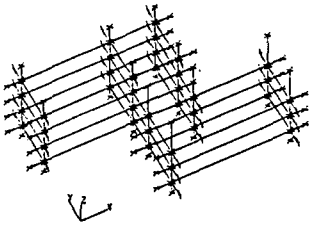
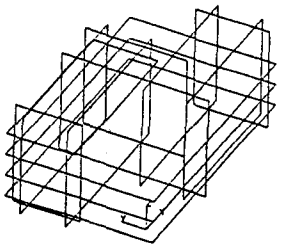
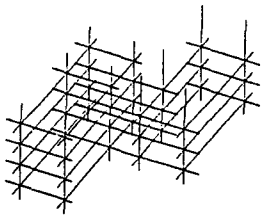


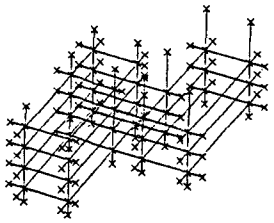
그림 3(a) 수행직후의 결과



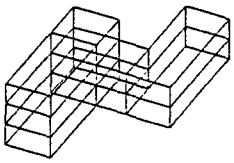
3(b) 사용된 평면



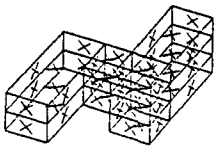
3(c) Intersection Lines



3(d) Intersection Points

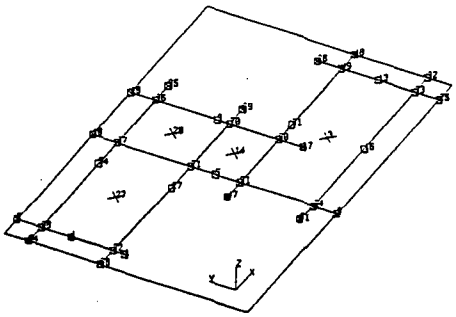


3(e) 구조화된 1-D Zone

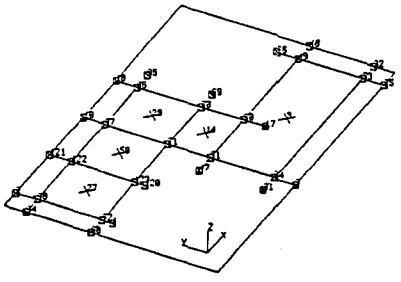


3(f) 2-D Zone

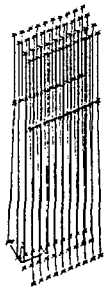
예제 2. 서울의 대한생명사옥(60층)이 선택되었으며 그 결과는 그림 4와 같다. 그림 4(a)는 모델링의 실행 과정중이며, 4(b),(c),(d)는 각각 사용된 평면, 교차선, 구조화된 1-D Zone을 나타낸다. 대한생명빌딩을 묘사하기 위하여 구조체와 설비부분의 나타내는 87개의 Planar Surface가 입력되었으며 이로인하여 재생된 교차선은 1540개, 교차선에 의한 교차점은 4576개, 1-D Zone은 9988개였다. 실행은 배치형식으로 진행되었는데, 실행시간은 40시간이 소요되었다. 시간소요에 대해서는 추후 효율적인 알고리즘에 대한 검토 및 데이타베이스자체의 개선이 요구된다고 볼수 있다.



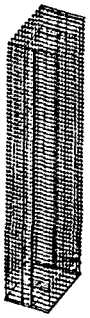
3(g) 최하층의 데이타



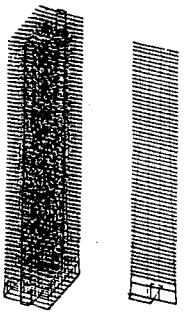
3(h) Line 입력후의 결과



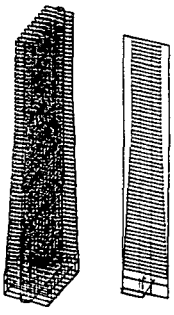
(a) 실행과정중의 모습



(b) 사용된 평면



(c) 교차선



(d) 구조화된 1-D Zone

그림 4 예제 2의 결과

5. 결 론

본 연구는 데이타베이스기법을 이용하여 건축구조의 통합설계 시스템의 모델을 제시하였다. 특히 'Planar Surface Modeling'기법과 'Geometry Zone' 개념을 이용함으로서 구조설계의 기초자료를 건축도면으로부터 직접 입력할 수 있도록 하였고, 기존의 구조관련 프로그램이 갖는 결점들을 극복하였다. 본 연구와 관련하여 요구되는 연구사항은 첫째, 부재설계를 위하여 해석결과가 데이타베이스상에 전달되어야 하며, 둘째, 구조설계의 과정중에서 건물의 구조시스템의 결정이나 해석결과의 분석등은 기존의 프로그램기법으로는 어려우므로 지식기반시스템[Refs.1,3,5]의 활용이 요구된다. 이를 위하여 본 연구에서는 BUILDS 및 SAP을 이용한 해석결과의 전달부분에 대한 연구와, KBES에 관한 기존의 연구결과[Refs.19]의 통합에 관한 연구를 진행하고 있다.

6. 참고문헌(References)

1. D.Sriram, DENSTINY : A Model for Integrated Structural Design, Artificial Intelligence, Vol.1, No.2, pp.109-116, 1986.
2. C.V.Clarke and R.Muller, GIFTS-1100: Graphics Oriented Interactive Finite Element Time-Sharing System, Finite Element Systems, Editted by C.A.Brebbia, Springer-Verlag, New York, 1982
3. C.K.Choi and E.D.Kim, A Preliminary Model of I-BUILDS : An Intelligent Building Design System, Proceedings of 2nd Inter. Conf. on Application of AI in Engrg., KBES in Engrg. : Planning and Design, Edited by D.Sriram and R.A.Adey, Compu. Mecha. Pub., Boston,USA, 1987.
4. ACI Committe 442, Response of Buildings to Lateral Forces, ACI Journal, 1971.
5. M.L. Maher and S.J.Fenves, HI-RISE : A Knowledge-Based Expert System for the Preliminary Structural Design of High Rise Building, 1985.
6. E.L. Wilson and H.H. Dovey Three Dimensional Analysis of Building Systems - TABS, Report No. EERC 72-8, EERC, Univ. of California, Berkeley, 1972
7. C.K.Choi and E.D.Kim, BUILD-A : A Three Dimensional Analysis Program for Building Structure, Proc. of the 2nd Int. Conf. on Civil and Structural Engrg. Computing : CIVIL-COMPO 85, London, England, 1985.
8. F.V. Cuilenborg, Autokon System Documentation and Autokon System Description, Autokon CIM, 1987
9. S.Ulfsby, S. Meen and J. Olan TORNADO: a DBMS for CAD/CAM Systems, Computer-Aided Design, Vol.13, No.4, pp.193-197, 1981
10. C.J.Date, An Introduction to Database Systems, Addison Wesley, 1986
11. 건설부, 건축물의 구조기준등에 관한 규칙.
12. 대한건축학회, 철근콘크리트 구조계산 기준.
13. 대한건축학회, 강구조 계산 기준
14. C.K.Choi and H.W.Lee, Optimal Design of Steel Structures, SEMR88-03, Dept. of Civil Eng., KAIST, Seoul, Korea, 1988
15. C.K.Choi and H.G.Kwak, Integrated Building Design System(Part 2): optimal Design of R/C Structures, SEMR89-02, Dept. of Civil Eng., KAIST, Seoul, Korea, 1989
16. Sun Micro Systems Inc., Sunview Programmer's Guide, 33-273, 1986
17. J.D.Foley and A.V.Dam Fundamentals of Interactive Computer Graphics, Addison Wesley, 1982
18. B.W.Kernighan and D.M.Ritchie, The C Programming Language, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall Inc. 1978
19. 한국과학기술원, 인공지능을 이용한 고도의 구조해석/설계용 전문가시스템의 개발(III), 1990년 6월, 과학기술처