

CAD를 이용한 건축구조해석용 Pre-processor 구축 Pre-processor for Building Structural Analysis by CAD system

고 일 두* 송 석 환**
Goh, Il-Du Song, Seock-Hwan

ABSTRACT

The use of Pre-processor for building structural analysis used to rely upon filling up fixed format data, which was ineffective and error-prone. This research attempts to integrate structural analysis system with DBMS and CAD system in order to make it easy to exchange data between pre-process, analysis, and post-process stages. Automatic generation of database from pre-process stage allows easy preparation of main input data for other structural analysis programs. CAD system with some sub-programs written in LISP and C works as a graphic user interface. This approach gives an easy, effective and error-free way of inputing data for structural analysis.

1. 서론

1-1. 배경 및 목적

컴퓨터를 이용한 건축 구조 설계 과정은 일반적으로 해석 자료 준비(Pre-process), 해석(Analysis), 해석 결과 처리(Post-process)의 3단계로 구분된다. 구조 설계자는 전 과정 중 해석 자료 준비 단계에서 전체 작업 시간의 대부분을 소비하게 된다. 또한 이 단계에서 설계자의 오류가 많이 발생된다. 기존의 구조 해석 과정에서는 비능률적, 비효율적인 자료 입력 방법, 해석준비 자료 관리 방법 미흡, 기존 해석 모듈간의 자료 변환 자동화 미비 등이 근본적인 전체 작업 효율 저하의 원인이 되고 있다. 또, 건축물이 초고층화, 복합 구조화 됨에 따라 해석 자료량은 점점 더 증가되며 더욱 복잡성을 띄게 된다.

따라서 구조 설계 과정에서는 쉽고 빠른 모델링 방법과 해석 자료의 관리 방법이 요구 되는데, 이러한 방법은 구조설계 전 과정에 있어서 관리 될 수 있어야 한다. 그러므로 본 연구에서는

- 범용 CAD의 도면 작성 기능과 그래픽 사용자 인터페이스를 이용하여 해석 준비 자료를 효율적으로 입력하는 방법 및 입력자료 자동추출 방법.

- 데이터베이스를 이용한 자료 관리 기법 및 데이터베이스 구조

등을 제시하고자 한다. 그리고 해석 자료 준비 단계에 제시된 방법을 적용함으로써 구조 설계 시간을 단축시켜 경제성을 높이고, 마련된 해석 자료의 활용도를 높일 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.

1-2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 일반적인 건축 구조물의 기본이 되는 철근 콘크리트 구조 및 철골 구조로 구성된 건축물의 평면 골조 해석을 대상으로 하며, 여기에 필요한 자료를 추출하는 것으로 한다. 이에 따라서

- 구조해석에 필요한 도형·비도형 자료로 구분하여 해석 준비자료를 마련하는 기능 구축
- 마련된 해석 모델에서 각 자료별 값을 추출, 각 자료별 데이터베이스를 생성하는 기능 구축
- 각각 생성된 데이터베이스를 관계, 조합시켜 해석 과정에 적합한 형식으로 입력 준비 자료를 생성하는 기능 구축

을 본 연구의 범위로 하고, 연구의 방법은 다음과 같다.

* 서울산업대학 건축공학과 조교수
** 서울산업대학 건축공학과 대학원

- CAD의 기능중 요소데이터(Entity Data)를 이용하여 도형(Geometric)자료 준비.
- CAD의 기능중 확장요소데이터(XData:Extended Entity Data), 애트리뷰트(Attribute)를 이용하여 비도형(Non-Geometric)자료 준비.
- CAD의 보조프로그램(ATOOLDB)을 이용, 모델링된 해석 자료를 추출하여 데이터베이스 생성.
- 위와 같은 방법으로 생성된 데이터베이스를 관계, 조합시켜 해석 준비자료를 생성한다.

2. 해석 자료 구성

CAD를 이용한 자료의 입력은 컴퓨터를 통하여 이루어진다. 그렇기 때문에 입력 형태에 따라 자료를 도형자료(Geometric Data)와 비도형자료(Non-Geometric Data)로 구분할 수 있다.

- 도형 자료
 - 절점 자료 : 위치
 - 부재 자료 : 연결관계, Reference code
- 비도형자료
 - 절점 자료 : 구속조건, 하중
 - 부재 자료
 - 재료
 - 단면 형상
 - 하중

2-1. 도형 자료(Geometric Data)의 구성

도형 자료는 그래픽을 이용하여 입력하므로 입력 효율면에서 중요하다. 자료의 입력은 주로 CAD 내의 선 요소 발생에 의해 이루어진다. 그리고 요소 자료내에는 다음과 같은 자료를 포함하고 있다.

<선요소인 경우 포함된 자료들 (AutoCAD의 경우)>

- (-1 . <Entity name:60000450>) : 요소의 이름
- (0 . "LINE") : 요소의 형태
- (8 . "BEAM") : 요소의 레이어
- (10 2.0 5.0 0.0) : 시작점 좌표값
- (11 8.0 2.0 4.0) : 끝점 좌표값

이와 같이 입력된 자료 즉, 각 요소내에 포함 되어 있는 도형 자료는 보조 프로그램을 이용하여 읽어 들인다. 여기에서 추출하는 CAD내에 생성된 단일 요소의 자료 형태는 위와 같다.

절점이나 부재의 위치 또한 기호로 표시하여 입출력시, 데이터베이스 구성시 일관성이 있도록 하였다. 절점 자료는 위의 요소 자료에서 시작점 좌표와 끝점 좌표를 읽어 들여 추출한다. 기호 표현 방법은 다음과 같다.

구분	기 호	내 용
기둥	C nn A	Column 층수 번호 X 축 기호
큰보	B nn A	Beam 층수 번호 X 축 기호
작은보	G nn A	Girder 층수 번호 X 축 기호

<부재기호 표시 예>

기 호	내 용
J nn A	절 점 층수 번호 X 축 기호

<절점기호 표시 예>

2-2. 비도형 자료(Non-Geometric Data) 구성

비도형 자료는 도형 자료와는 달리 문자로 표현된다. 수치도 문자 형태로 포함되는데, 이 경우도 주로 수치가 크기를 의미 하기보다는 서로를 구분하는 코드 형태로 많이 사용된다. 도형 자료와는 달

리 AutoCAD의 경우 자체에서 지원하는 확장요소데이터 (Extended Entity Data:Xdata)와 Attribute를 이용하여 이미 생성된 모델의 각 요소(절점,부재등)에 비그래픽 요소가 부가 된다. 특히 Xdata는 도면 요소내에 새로운 요소를 생성 하지 않고, 문자 자료를 부가 시킬수 있는 장점이 있다. 부가된 자료들은 도면내의 다른 도형 자료와 같이 관리 할 수 있으므로 매우 편리 하다. 여기에서 비 도형자료의 부가를 위해 이용되는 CAD내의 Xdata 형태 및 Attribute를 살펴보면 다음과 같다.

```
(-3                               : Xdata의 그룹
  ("SM40920611"                  : 응용 이름
    (1002 . "(")                  : Xdata의 시작기호
    (1070 . "1")                  : INTEGER(단면번호)
    (1002 . ")")                  : Xdata의 끝기호
  )
)
```

<Xdata 예>: 부재타입이 "1"인 경우

```
(
  (0 . "ATTRIB")                 : Attribute 그룹
  (8 . "load")                   : Layer 명
  (10 -50.0 820.5 0.0)           : 삽입 좌표
  (2 . "Y-VALUE")                : 하중 이름
  (70 . 1)                       : 하중 크기
)
```

<ATTRIBUTE 예>: 절점하중 Y방향 크기 1인 경우

비 도형 자료로 구분하는 부분은 다음과 같다.

- 단면의 형상 및 재료의 속성
 - a. 재료자료 - 재료별 영계수, 프와송비, 선팅창계수, 단위중량
 - b. 단면자료 - 단면별 재료번호 및 단면형상 종류별 단면치수
 - c. 부재자료 - 부재별 단면번호
- 하중
 - a. 절점하중 (Joint Load) - 집중하중, 모멘트하중, 하중 방향, 크기, 위치
 - b. 부재하중 (Member Load) - 부재별 하중을 하중형태(집중,등분포,등변분포,삼각형 하중등)로 구분. 방향, 크기, 위치
 - c. 자중 (Gravity Load) - 임의의 중력 방향에 따라 자중을 등분포로 작용
- 하중 조합
 - a. 하중 경우 별로 각 하중 Primitive 배수와 자중고려를 위한 중력배수
 - b. 하중 조합명

2-3. 구조 해석 측면에서의 자료 구성

구조해석 입력자료는 크게 절점자료와 부재자료 두가지로 구분된다. 이처럼 구분하는 것은 대부분 해석 프로그램들의 해석 방법인 유한 요소 해석법이 절점 중심으로 자료를 처리하기 때문이다. 각 자료별로 살펴보면 다음과 같다.

2-3-1. 절점 자료

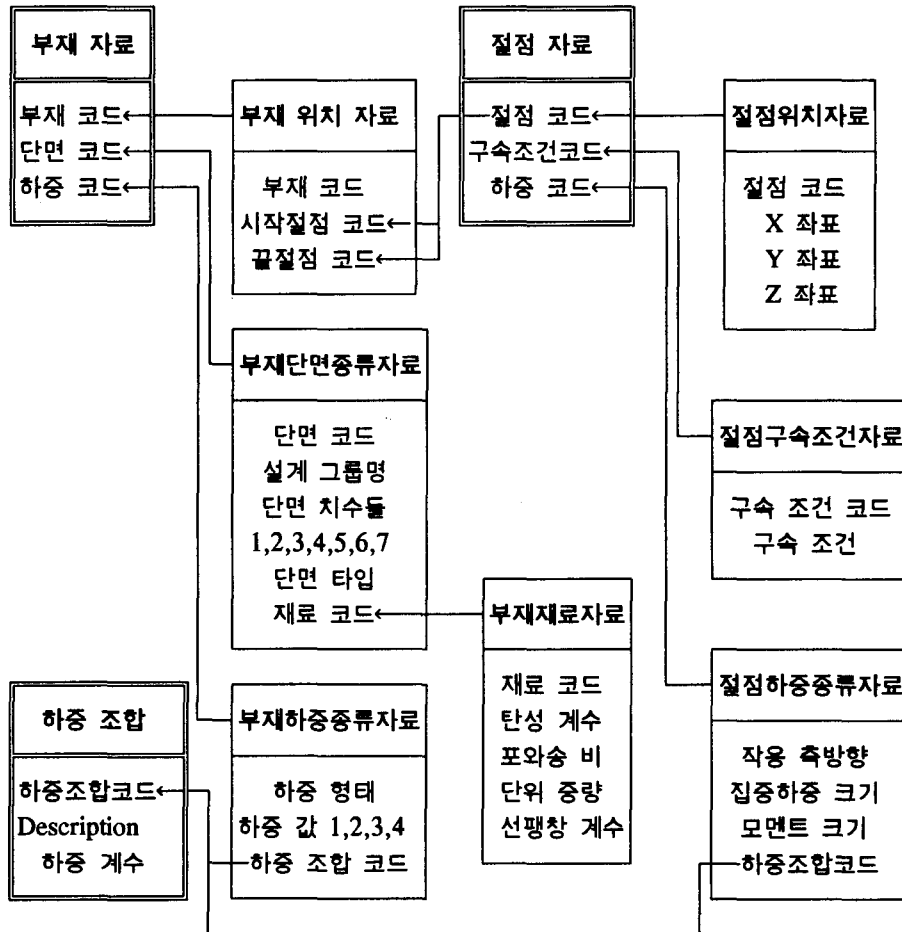
절점 위치(전체 좌표계), 절점 이름, 절점 구속조건(DOF별로 구속조건을 입력함), 절점 하중

2-3-2. 부재 자료

부재의 연결 관계, 부재 재료, 부재 단면의 형상, 부재 단면의 크기, 부재 하중의 위치 및 방향, 부재의 강역, 부재의 단부 해방,

2-3-3. 기타 자료

하중조합계수(Load Combination), 해석 문제에 대한 참고 자료, 출력 내용 조절, 해석 방법 선택, 중간 과정의 선택적 출력 등 이다. 해석 자료의 관계와 구조를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

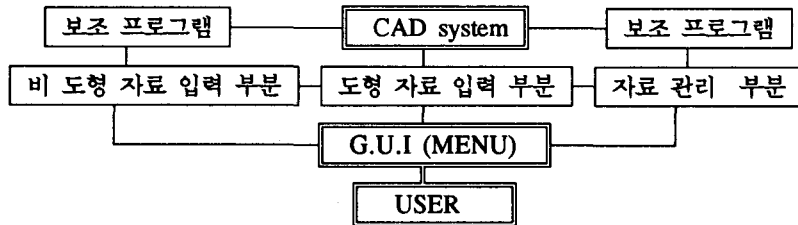


< 해석 자료의 관계와 구조 >

3. 자료 입력부의 구축 및 자료 관리

자료 입력은 사용자화 된 메뉴를 통하여 진행된다. 도형자료의 입력은 선요소로 입력된다. 비 도형 자료의 입력은 입력자료를 저장 및 관리 할 수 있는 확장요소 자료, Layer, Attribute 등을 이용한다. 자료 관리 부분은 CAD 프로그램을 벗어나지 않고 실행되는 보조 프로그램을 이용한다. 여기에서 입력된 자료를 관리하여 각 자료별 데이터베이스 화일을 생성한다. 데이터베이스에서는 각 절점에 고유 이름을 준 후 그 고유 이름을 부르면 해당 자료를 찾아 주는 작업을 Index 화일을 통하여 쉽게 할 수 있다. 여기에서 각 자료별로 생성되는 화일은 앞에서 만든 Index를 통하여 각 화일을 연결(Relation)시켜 필요한 해석 프로그램에 맞는 입력 화일을 작성한다. 도형 자료의 입력과 비 도형 자료의 입력 과정에서 생성된 자료는 모두 도면 데이터베이스 화일로 각각 저장되어 있다. 각 요소에 추가되어 있는

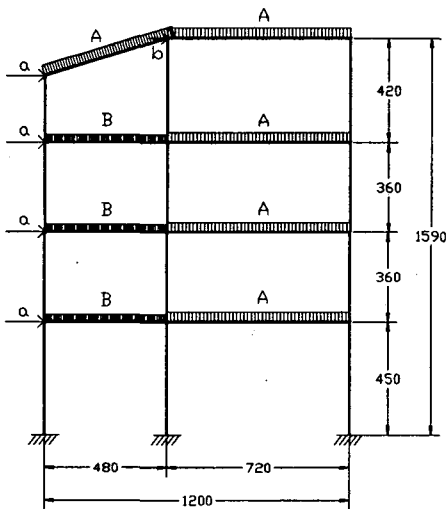
비 도형 자료는 Xdata 및 Attribute로 저장되어 있다. 이들 관계를 유지시켜 해석 프로그램을 위한 입력 자료를 추출하기 위해 역시 CAD를 벗어나지 않는 부속 프로그램을 작성하여 입력 자료를 만들어 낸다. 추출된 해석 준비 자료의 각 화일은 각 화일의 Index Field에 의해 연결 된다. 해석 자료 구축 과정을 그림으로 나타내면 다음과 같다.



<CAD응용 Pre-processor 개념도>

4. 실용 예

본 논문 결과인 Pre-processor의 적용을 위하여 다음과 같은 예를 선정하였다.



◇구조 : 철근 콘크리트조 4층

◇하중 : 질점 하중 a : 0.6 t

b : 1.2 t

부재 하중 A : 0.7 t/m

B : 1.2 t/m

◇부재 크기 : 보 0.3m x 0.5m

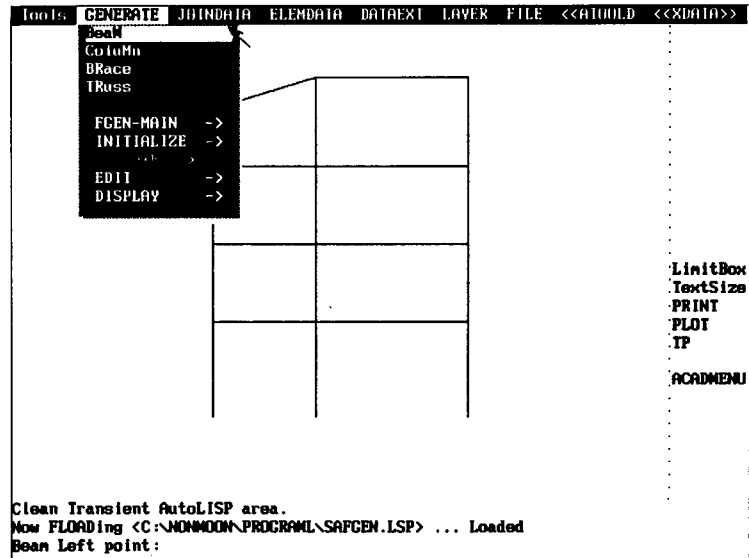
기둥 0.4m x 0.4m

(단위 mm)

<예제 프레임 형태>

4-1. 프레임의 입력

표준 CAD 시스템에서 해석 자료 준비 메뉴를 적재하고 프레임 생성을 한다. 프레임의 입력 과정은 초기화 부, 부재 생성 부, 부재 접속 확인 부, 부재 편집 부로 구분하고 각 부분에 필요한 기능들이 있다. 부재 생성 부중 Beam, Column, Brace, Truss등의 항목을 선택하여 요소를 그릴 경우 해당Layer가 자동 생성되므로 부재 설계시 그룹화 할 수 있도록 했다. 또, 단일 요소를 생성 시킨 후 필요한 부재 수만큼 자동 발생 시킬 수 있으므로 효율적이다. 생성된 프레임은 각 부재의 편집 및 수정을 위해 보조 명령어를 사용하여 부재의 접속, 분리 등을 할 수 있다. 이 부분에서 생성되는 자료는 질점 위치 자료, 부재 위치 자료 등이다.



〈프레임 입력 화면〉

4-2. 절점 자료의 입력

절점의 위치 자료는 이미 전 단계에서 부재 생성과 동시에 절점의 위치 및 기호를 부여 받았으므로 본 단계에서는 각 절점 구속 조건(Joint Restraint), 절점 하중 생성(Joint Load) 및 해당 절점에 하중을 입력한다.

4-2-1. 절점 구속 조건

절점 구속 조건(Joint Restraint)의 입력은 해당되는 조건을 명령어 라인의 물음에 영문자(F:고정, H:힌지)로 입력하고, 해당 절점을 차례로 선택하면 된다. 선택 될 때마다 해당 기호가 절점에 나타나며, 수정은 표준 CAD 명령어를 이용하여 삭제하고 재입력 할 수 있다.

4-2-2. 절점 하중 및 하중 입력

절점 하중은 집중 하중(P)과 모멘트 하중(M)으로 구분하여 입력하며 집중 하중은 X,Y,XY 축을 기준으로 입력하고 크기와 방향은 숫자 및 부호로 판단된다. 도면 상의 입력하고자 하는 절점을 선택하면 하중 모양으로 방향과 크기가 나타나고, 즉시 수정이 가능한 수정화면이 나온다. 설계자가 수정이 필요하지 않은 경우 OK를 선택하면 다음 절점을 요구하고, 이를 무시하면 다음의 절점 하중 종류 번호 입력을 위해 값을 요구하며, 역시 무시하면 절점 하중 입력이 끝난다.

4-3. 부재 자료의 입력

부재 자료중 부재의 위치 및 연결관계는 프레임 입력부에서 이미 생성 되었다. 나머지 부재 자료중 부재 재료 자료, 부재 형상의 생성 및 입력, 부재 하중의 생성 및 입력은 이 단계에서 입력한다.

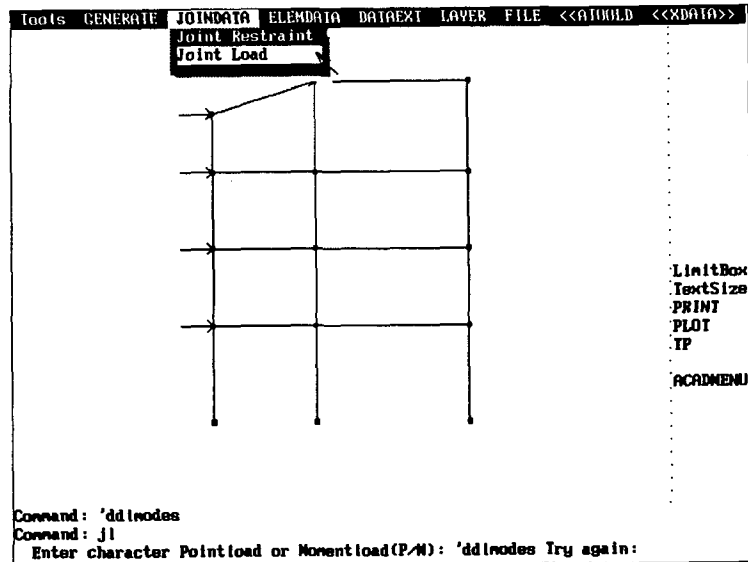
4-3-1. 부재 재료 자료

부재 재료 자료의 입력(Material)은 키보드 입력으로 하며 Young's Modulus, Poison's Ratio 순으로 한다. 입력이 끝나면 즉시 수정 편집 가능한 화면이 나타나고, 이 화면을 빠져 나오면 자동으로 재료 화일이 생성된다.

4-3-2. 부재 형상의 생성 및 입력

부재의 단면 형상 자료(Element Type)의 입력은 역시 키보드 입력으로 숫자를 입력하며, 재료 코드 번호, 단면의 형상 (BS:사각단면, C:원형단면), 단면의 크기를 입력한다. 입력 종료시 수정 편집 화면이 나타나고, 이어 한 개 또는 여러 개의 부재를 선택하여 부재의 단면을 입력할 수 있다. 부재 단면의 확인은 단면 번호별, 선택 부재별 등으로 확인 가능한 명령어로 할 수 있고, 단면 입력시 단면

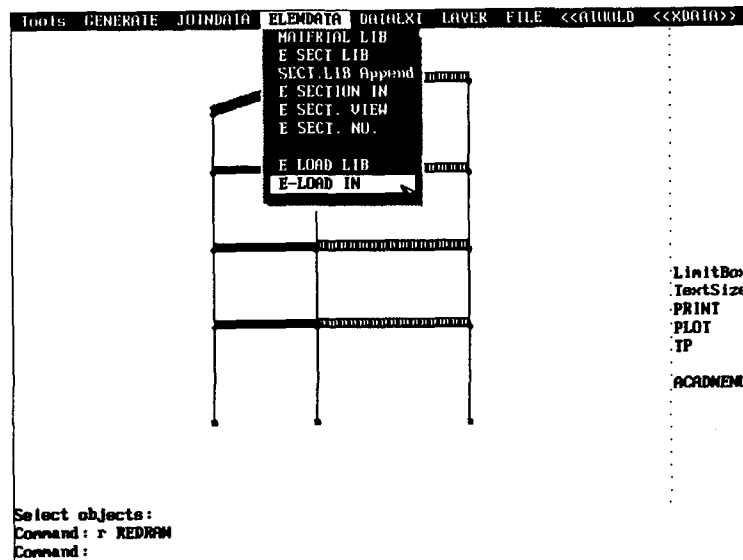
화일에 있지않은 단면 번호를 입력하면 해당 단면을 추가 할 수 있도록 했다. 부재의 형상이 부가되어 있는 부재는 색이 바뀌어서 확인할 수 있다.



<절점 자료 입력 화면>

4-3-3. 부재 하중의 입력 및 입력

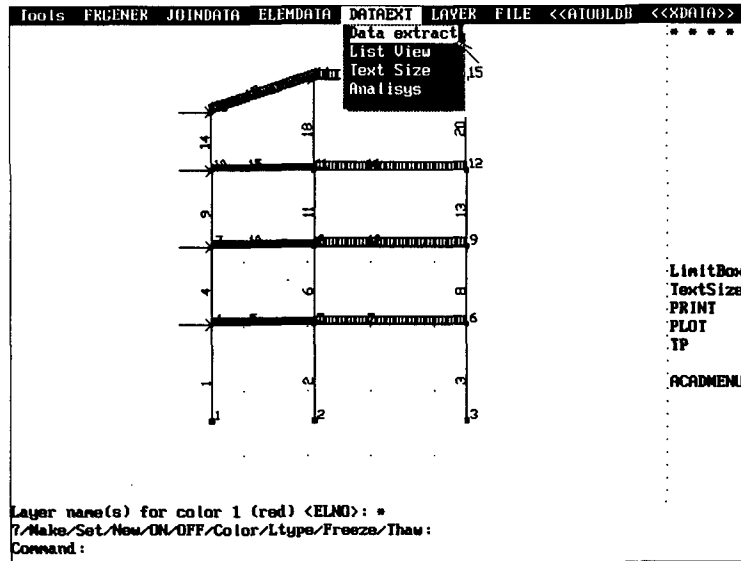
부재 하중의 입력은 Icon 메뉴에서 하중의 모양을 선택하고, 하중의 크기를 키보드로 입력하면 하중의 자료 화일이 생성된다. 해당 부재를 하나 또는 다수 선택하면 선택된 부재에 선택한 부재 하중의 모양이 나타난다. 물론 수정 및 편집도 편집 화면에서 가능하다.



<부재 자료 입력 화면>

최종적으로 입력된 자료를 확인할 수 있으며, 입력된 자료는 부속 프로그램을 통하여 해석 프로그램

램을 위한 자료로 변환되어 프로그램에 적합한 화일 형식으로 출력 된다.



<입력 자료의 추출 화면>

4.4. 하중 조합 및 자료 추출

이 단계는 입력된 하중의 하중 경우별로 하중계수를 입력하는 부분과 입력된 자료를 선택한 해석 프로그램에 맞는 형식의 화일로 자료를 추출하는 부분이다. 현재에는 입력한 하중의 전부를 추출하며 기존의 해석프로그램인 SA40용의 화일을 생성한다. 생성된 화일은 다음과 같다.

<pre> * Title Frame ton, cm * Joint Loads 1 1.2 2 0.6 * Joints 1 J01A 0 0 0 111111 2 J01B 480 0 0 111111 3 J01C 1200 0 0 111111 4 J02A 0 450 0 001110 1 5 J02B 480 450 0 001110 6 J02C 1200 450 0 001110 7 J03A 0 810 0 001110 1 8 J03B 480 810 0 001110 9 J03C 1200 810 0 001110 10 J04A 0 1170 0 001110 1 11 J04B 480 1170 0 001110 12 J04C 1200 1170 0 001110 13 J05A 0 1440 0 001110 1 14 J05B 480 1590 0 001110 2 15 J05C 1200 1590 0 001110 * Element Loads 1 VA -0.012 2 VA -0.007 * Materials 1 210 0.167 </pre>	<pre> * Sections 1 "" 1 BS 40 40 2 "" 2 BS 50 30 * Elements C01A 1 4 -X 1 "" C02A 4 7 -X 1 "" C03A 7 10 -X 1 "" C04A 10 13 -X 1 "" C01B 2 5 -X 1 "" C02B 5 8 -X 1 "" C03B 8 11 -X 1 "" C04B 11 14 -X 1 "" C01C 3 6 -X 1 "" C02C 6 9 -X 1 "" C03C 9 12 -X 1 "" C04C 12 15 -X 1 "" B02A 4 5 Y 2 "" 1 B03A 7 8 Y 2 "" 1 B04A 10 11 Y 2 "" 1 B05A 13 14 Y 2 "" 2 B02B 5 6 Y 2 "" 2 B03B 8 9 Y 2 "" 2 B04B 11 12 Y 2 "" 2 B05B 14 15 Y 2 "" 2 * Load Combinations dead+live 1 1 * End Data </pre>
--	---

<추출된 해석 준비자료의 예>

5. 결 론

이상에서 서술한 바와 같이 GUI를 통하여 구조 해석용 모델을 생성하고, 구조 해석용 준비 자료를 추출하는 Pre-processor 구축을 본 연구의 결과로 한다. 이러한 자료 준비 방법의 장점으로는

- 1) 도면 작성용 범용 CAD를 기본 Engine으로 하면서 프로그래밍 기능을 이용하여 입력을 단순화시켰다. 그러므로 건축 구조해석용 자료의 준비가 쉽고, 자료 입력의 오류를 줄일 수 있다.
- 2) 비 도형 자료의 관리는 Xdata와 Attribute를 이용하기 때문에 CAD에서 기존 수치 자료만을 추출할 수 있던 것을 문자 자료로 된 비 도형 자료까지 쉽게 추출할 수 있다.
- 3) Xdata와 CAD 용의 데이터베이스 관리 프로그램을 이용하여 외부 DB와 연결시키고, 데이터베이스 화일을 CAD 내에서 직접 관리함으로써 화일의 접근이 쉽고, 빨라 자료 관리의 효율성이 증대된다.
- 4) 기존의 입력자료가 데이터베이스로 관리 됨으로서 다양한 모델에 대한 다각적인 해석을 시도해 볼 수 있고, 유사한 프레임에서 자료의 활용 및 수정이 쉽다. 또한 작성된 데이터 베이스 화일은 여러가지 구조해석 프로그램에서 필요한 입력 자료를 준비하는데 사용할 수 있다.

이번 연구에서는 2차원(평면) 구조물에 대한 입력 자료의 준비만을 대상으로 했으나, 3차원(입체) 구조물에 대한 연구, 다양한 하중 조합을 할 수 있는 방법 연구, 부재 하중 종류의 다양화에 대한 연구, 일부 국한된 해석 프로그램용의 입력 자료만 생성하는 것을 SAP4등 국내외에 있는 여러가지 해석 프로그램의 입력 형식에 맞도록 해석 준비 자료를 가공, 추출하는 연구등이 필요하다.

<참 고 문 헌>

- (1)고일두, "컴퓨터를 이용한 철근 콘크리트 보-기둥 부재설계방법에 관한 연구", 서울대, 1989 .1
- (2)고일두, "개인용 컴퓨터를 이용한 골조해석 프로그래밍에 관한 연구", 경기공업개방대학논문집, 1986
- (3)김중현, "철근 콘크리트구조물의 설계자동화에 관한 연구", 대한건축학회, 1991
- (4)김이두, 최창근, "건축구조설계의 통합시스템을 위한 데이터베이스의 구축", 전산구조공학회, 1991
- (5)전북대 산업개발연구소, "농업토목설계를 위한 유한요소해석 시스템 개발", 농림수산부, 1990.11
- (6)홍성득외, "인공지능을 이용한 구조설계 전문가 시스템에 관한 연구", 문교부, 1989. 2
- (7)고일두, 조철호, "PC를 이용한 구조물의 해석과 설계" 전산구조공학회, 1990. 7
- (8)권택진외, "유한요소법의 기초 및 프로그램", 전산구조공학회, 1990.2
- (9)서재철, 김용성역, "AutoCAD 와 Database", 영진출판사
- (10)권택진, "응용유한요소해석", 희성
- (11)고일두, SA40 V3.51 메뉴얼, 1990,3
- (12)Frederic H.Jones Lloyd Martin, "The AutoCAD Database Book", VENTANA
- (13)J.smith and R.gesner, "Inside AutoLISP", New Riders
- (14)D.Raker and H.rice, "Inside AutoCAD", New Riders
- (15)J.smith and R.gesner, "Customizing AutoCAD", New Riders
- (16)Autodesk inc, AutoCAD R11 Reference manual, 1991
- (17)Autodesk inc, AutoLISP R11 Reference manual, 1991
- (18)Tom Rettig Debby Moody, dBASE III PLUS, Addison-Wesley
- (19)Autodesk inc, "AutoCAD Release 11 update (AutoLISP)"
- (20)Autodesk inc, AutoLISP R11 ADS manual, 1991
- (21)Robert McNeel & Associates, AutoTOOL/dB manual, 1991,10