

철골 구조물의 통합 설계 시스템

Integrating drafting with analysis and design of framed steel structures

김 홍 국 * 이 병 해 **
Kim, Hongkook Lee, Byung-Hai

ABSTRACT

The purpose of this study is to integrate a structural design process of framed steel structures. It is composed of analysis, design, drafting and construction mangement. Howerver each step of these works involved with a large amount of data and man hour resources. The aim of this study is to alleviate time consuming efforts mentioned above by integrating the different stage of works. Very successful results have been achieved by setting up a common database in whole process and applying the techniques of knowledge base system.

1 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

일반적으로 건축 업무는 설계에서 시공까지를 말하고 있으며 이 과정에서 발생하는 여러 전문화된 분업화는 산업혁명 이래로 촉진되어지기 시작하였다. 특히 근래에 들어서는 건축의 세분화가 심화되고 전문화 되어 같은 건축을 하는 사람이라도 자신의 전문직이 아니라면 이해하기가 곤란해 일련의 작업 운영과 진행에 문제가 있어왔다. 그러나 근본적으로는 건축의 각 분야가 서로 상이한 목적을 위한 것이 아니고 건축이란 공통된 목적을 위하여 작업을 진행하는 것이기 때문에 통일된 일련의 작업을 이루어야 한다. 이러한 목적을 위하여 일괄적인 건축 시스템의 필요성이 대두되고 있는 것이다.

우리 나라에서는 이제 건축의 일련 작업들을 수작업에서 탈피하여 컴퓨터를 사용하기 시작했고 이미 널리 보급된 기존 구조 설계에 관련된 소프트웨어인 NASTRAN, ETABS, MICAS-PLUS, GT/SIRUDL들과같은 범용 패키지(Package)들을 이러한 작업을 위해 단편적으로 사용 하고있다. 그러나 이들 시스템들은 강력하기는 하나 대부분 전 과정중 특정한 분야에 치우쳐 있으며 국내실정에 맞지않는 점을 감안한다면 일괄처리 통합시스템의 구축은 아직 미비한 상태에 있다고 볼 수있다.

특히 반복작업 및 단순작업을 요하는 해석 및 실시도면 분야에서는 노동력의 고임금화 및 전문 노동력의 결여로 인해서 절대적으로 불리한 상황에 있다고 할 수 있다. 이와같은 상황에서 우리는 소프트웨어의 자체개발 및 개정과 끊임없는 연구를 통해 이러한 어려움을 극복해야하며 건축의 전 과정인 해석, 설계, 도면작업 및 시공관리까지의 일괄 처리 시스템의 구축에 대한 연구가 있어야한다. 이에 본 연구실에서는 이와 같은 통합시스템의 구축을 위해 일련의 작업을 진행중이다. (1)(2) 본 연구는 그 중에서도 데이터베이스의 구축과 실시도면 작업을위해 필요한 지식기반(Knowledge Base) 시스템과 Engineering 데이터베이스를 도입하여 철골구조물의 일괄 설계 시스템의 구축을 목적으로 하고있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

1.2.1 연구의 범위

본 연구의 범위는 전 처리(Pre Processing), 후 처리(Post Processing) 및 주 처리(Main Processing)에서 입체 철골 구조물의 설계 모델을 입력, 해석 및 부재 설계를하여 데이터베이스를 구축하고 실시도면(Shop Drawing)작업을 위해서 전문가 시스템(Expert System)의 일부분을 도입하여 실시도면을 작성하는 것으로한다. 연구의 범위는 다음과 같다.

1. 대상 철골 구조는 입체 철골 구조에 한정하고 설계 기준은 AISC 기준을 따른다.
2. 데이터베이스로부터 실시도면 생성 작업중 접합부의 데이터베이스는 본 연구실에서 구축한 것

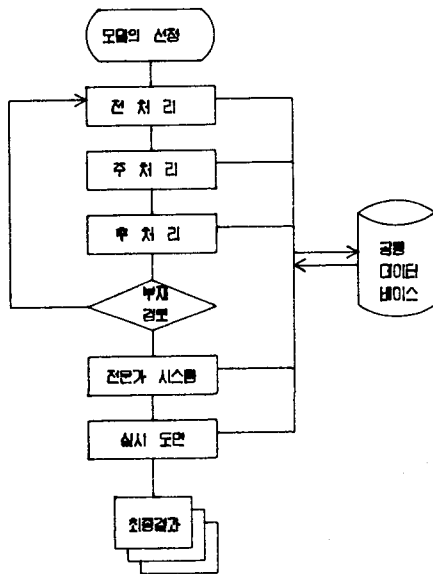
* 정희원, 한양대 건축공학과 대학원

** 정희원, 한양대 건축공학과 교수

- 을 사용하도록한다.
3. 시스템의 구축은 장차 UNIX 바탕의 WorkStation으로 할 것이나 지금은 각각의 소프트웨어가 존재하는 각 시스템에서 수행하여 이들을 각 시스템간의 데이터 상호교환을 통하여 통합한다.

1.2.2 연구의 방법

1. 해당 모델을 본 연구실에서 개발한 전 처리로 입력하여 형상 데이터, 부재 성질, 하중값등을 입력하여 간단한 그래픽으로 구조형상의 점점 및 단면가정을 검토하여 데이터베이스를 구축한다.
2. 주 처리에서는 이 데이터를 받아들인후 선형해석 및 AISC규준에 의거 설계를 하게되며 그결과로 생성되는 하중, 변형 그리고 부재크기등을 데이터베이스에 보내어 구축한다.
3. 후 처리에서는 구축된 데이터를 받아들인후 그래픽을 이용하여 단면결정을 할 수 있도록 해준다. 재 설계를 할경우에는 다시 전 처리로 보내어 수정하여 데이터베이스를 갱신하게되며 설계 기준을 만족할 경우에는 전문가 시스템으로 보내어진다.
4. 후 처리를 통해서 이상이 없는 경우에는 전문가 시스템과 데이터베이스 기법을 도입하여 실시도면의 입력 데이터를 자동으로 생성한다.
5. 실시도면 처리에서 나온 그래픽 데이터를 일반 CAD 시스템 또는 전 처리에 보내서 에러를 검토해 다시 수행을 하던지 아니면 도면으로 출력한다.

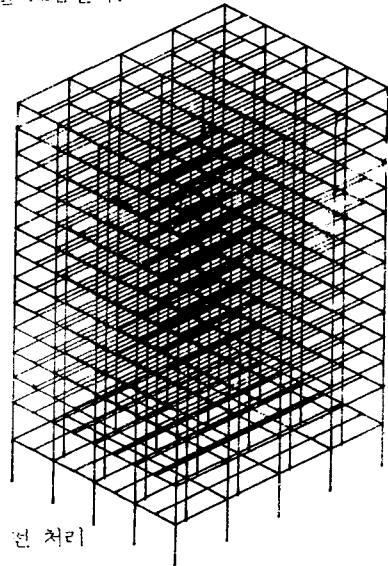


『그림 1.1』 본 연구의 흐름도

2 철골 구조물의 구조해석 및 설계

2.1 전처리 과정(Pre Processor)

일반적인 컴퓨터에 의한 입체철골 구조의 해석과 설계에 대한 입력은 수작업으로 진행되어 왔으며 이는 많은 노력, 시간의 소비 그리고 오류를 유발하기 쉽다. 특히 대형 입체 철골 구조는 수천개의 절점과 부재 그리고 하중조건을 다루어야 하며 입력 데이터의 정확성을 점검하는 것등은 많은 시간과 노력을 필요로 하게 된다. 그래서 일반적으로 구조해석과 설계에 대한 입력을 CAD 시스템으로 하고 있는 경향이 있고 입력데이터를 그래픽으로 처리하여 편리하게 입력을 할 수 있도록하여 해석과 설계의 입력에대한 시간을 줄이도록 하고있다. 이러한 기능을 갖는 전 처리중에서 본 연구실의 전 처리인 HYPRE는 주로 장방형의 전형적인 입체 철골 구조를 대상으로 하고있으며 일정한 규칙을 갖는 절점과 부재를 자동 생성한다. 또한 부재하중과 절점하중 및 사하중의 입력을 자동 생성할 수 있게했다. 결과로는 이러한 형상 데이터와 하중 데이터를 데이터베이스로 구축하는 모듈(Module)을 포함한다.



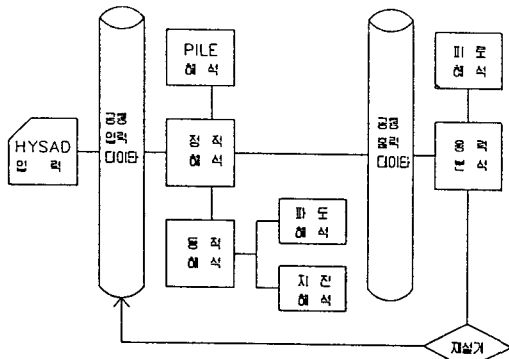
『그림 2.』 전 처리

2.2 주 처리 과정(Main Processor)

2.2.1 구조해석 과정

구조해석은 범용 입체 철골 구조 해석 프로그램인 SACS III⁽³⁾를 모델로 하여 본 연구실의 시스템에 맞도록 수정 보완 개발하였으며 설계기준을 국내의 여건에 맞도록 추가하여 개발한 HYSAD 시스템을 사용했다. 이 중에서 본 논문은 정적해석과 AISC 설계 모듈만을 적용하였다. 입력은 절점 데이터, 부재와

절점과의 관계, 부재의 성질, 경계조건, 전체좌표와 국부좌표 및 하중조건등이 입력 데이터로서 들어가며 부재력, 변위, 지정된 Unity Check사이의 부재선택 및 반력등을 결과로 출력시키고 AISC 설계규준에 맞는 부재를 재 설계할 수 있도록 해준다. HYSAD 프로그램의 특징은 육상 철골구조 뿐만 아니라 해상구조물의 해석까지 할 수 있어 장차 해상구조물의 발전에 대비하고 있다. 그리고 본 논문에서는 정적해석에 국한되었으나 모드해석(Modal Analysis), 반응스펙트럼 해석(Response Spectrum Analysis), 시각력해석(Time History Analysis)등을 포함하는 동적해석도 할 수 있기때문에 대형 철골입체 구조물의 해석에 유리한 시스템이다. HYSAD의 구성은 여러개의 모듈로 구성되어 있으며 각각의 모듈들이 조합되어 또는 독립적으로 수행이 될 수 있게 구성 되어있다. HYSAD의 구성은 다음과 같다.



『그림 2.1』 HYSAD의 구성

2.2.2 구조설계

HYSAD는 모든 부재 그룹을 AISC 와 API RP2A에의해 설계를 하게된다. 설계의 선택 사항으로는 깊이 (Depth)를 유지하는 것, 최소중량에 의한 것 그리고 사용자가 넣어준 부재에의한 것을 선택 기준으로 한다. 일반 부재설계 절차는 다음과 같다.

1. 각 그룹 부재의 가장 결정적인(Critical) 부재가 먼저 선택된다. Unity Check에서 1.0을 넘는 부재는 AISC 코드에의해 재 설계를 하고 지정한 Unity Check의 최소한계 이하로 내려가면 부재 크기는 줄어드는 방향으로 설계된다.
2. 결정적인 부재가 선택되어 재 설계된후 모든 다른 그룹의 부재가 규준에 맞도록 크기가 새로이 검토된다. 1.0보다 큰 Unity가 발견되면 해당 그룹의 부재 크기는 다시 설계되며 그절차는 반복 수행된다

2.3 후처리 과정

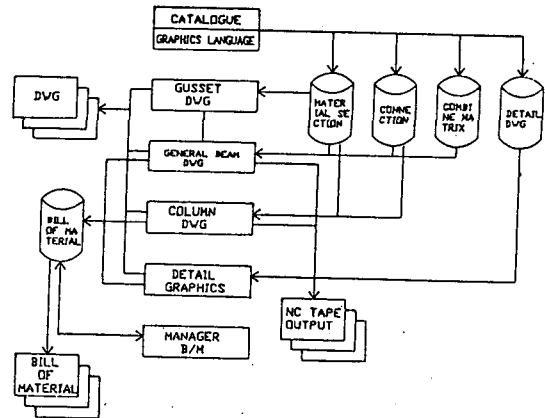
후 처리 과정은 입력이 방대한 만큼 출력 또한 방대하여 에러의 탐색 및 적당한 부재설계, 응력값의 분석과 변위의 처짐등을 검토하기에는 많은 시간과 전문가의 노력이 필요하다. 또한 방대한 결과를 항상 프린터를 통해 반도록하는등 많은 낭비를 유발해 왔다. 이에 후 처리 HYPOST에서는 원하는 부재력과 변위를 File형태로 출력시키는데 동시에 가장 결정적인 하중 조건 또는 하중 합성 조건 (Load Combination)에 해당하는 결과 값과 설계를 통한 부재의 크기를 그래픽으로 제공해준다.

3 실시도면(SHOP DRAWING)

철골 구조물의 자동 도면화를 위해 SOMEL⁽⁴⁾ 프로그램을 모델로하여 본 연구실에서 국내실정과 본 연구실의 컴퓨터 시스템에 맞게 수정하고 일괄처리 형태(Batch Mode)인 프로그램의 구성을 대화처리 형태 (Interactive Mode)로 개발한 SHOP 프로그램을 사용한다. 개발된 SHOP 프로그램은 철골 구조물의 조립 (Fabrication), 설치(Erection), 가공등에 필요한 도면 (General Drawing), 접합부에대한 상세도와 물량산출서(Bill of Material)등을 생산하며 철골 부재에 관한 코드(Code)로는 KS, AISC, JIS등을 손쉽게 이용할 수 있다. 특수한 경우에는 자체적으로 내장된 그래픽 언어가 있어 이것을 사용하여 특수한 언 결상태를 설정할 수 있다.

3.1 SHOP프로그램의 구성

SHOP 프로그램은 다음과 같은 7개의 모듈로 구성 되어있다.



『그림 3.1』 SHOP 프로그램의 구성

3.2 실시도면을 위한 전문가 시스템의 도입

실시도면 작업은 방대한 자료를 처리함과 동시에 전문지식 및 풍부한 경험을 갖는 전문가의 노력이 필요하다. 특히 다양한 형태를 갖는 철골 접합부의 설계는 수치적인 계산보다 인간의 지식과 판단이 필요한 전형적인 작업이다. 때때로 기술자들은 기존의 데이터로서는 결정할 수 없는 철골 접합부의 설계를 해야할 때가 있는데 이러한 것이 접합부 설계를 비전문가가 할 수 없게 만드는 이유이며 기존 접합부 설계의 보완 및 새로운 접합부의 설계에는 많은 경험과 지식이 필요하게 되는 것이다. 이러한 철골 접합부의 설계에 대한 지식기반 전문가 시스템의 구성은 다음과 같다.

1. 접합부의 형태구별
절점의 위치 및 연결 상태에 의해 결정한다.
2. 전문가의 자문
전문가가 지금까지 쌓아온 경험, 유용한 지식 및 데이터에서 제공되는 하중과 건물구조 형태등에 의해 접합부 설계를 위한 아이디어를 추천 및 제공한다.
3. 접합부 설계
설계기준 및 데이터에서 제공된 보와 기둥의 형태, 재료의 성질, 볼트의 수, 용접 상태등에 의해 설계를한다. 그러나 접합부의 설계는 하나의 정확한 형태가 설계되는 것이 아니고 설계자의 경험 및 설계 조건에 의해 여러가지의 형태가 가능하므로 기술자의 경험과 지식에 의한 판단이 많이 요구된다. 그러므로 반복적인 설계작업과 전문가의 자문을 얻어 설계를 해야한다.
4. 전문적인 검토
기술자가 쌓아온 경험, 지금까지 수행되어온 연구결과 및 전문가의 지식을 바탕으로 다시 재검토한다.

이와 같은 구성에서 본 논문에서는 전문가 시스템중 수치적인 데이터로서 가능한 접합부 설계에 대한 지식을 구축하여 접합부의 형태, 크기 및 위치등을 결정할 수 있었다.

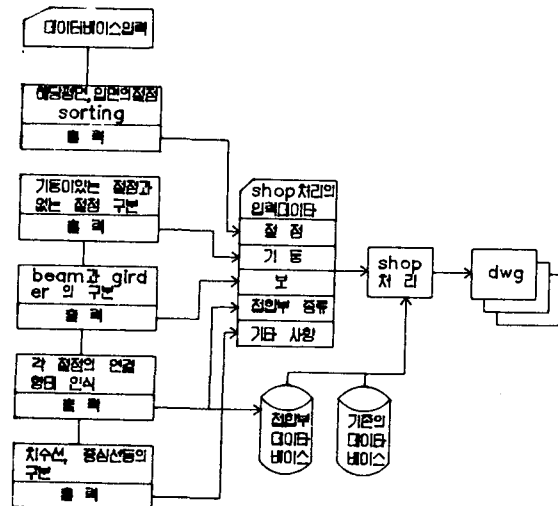
3.3 전문가 시스템을 이용한 SHOP 프로그램의 입력 데이터 생성

구조해석의 결과로 구축된 형상과 부재크기 중에서 원하는 평면 또는 입면의 부분을 선택해 SHOP 처리의 입력 데이터를 생성한다. 여기에서는 각 절점이 접합부의 형태를 나타내는 중요한 요소로서 각 절점은 옆의 절점과 연결될 수 있고 계속적으로 다음 절점과 연결될 수 있으며 여러점들로 둘러쌀 수도 있다. 이러한 절점의 상태에 의해 입력 데이터의 내용이 정해지게 된다. 또한 입력의 순서는 현장의 시공 및 조립순서와 동일한 순서에 따라 시행해야 도면작업에 무리가 없게 된다.

| | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|----------|--------|-----|-----|-------|-----|--|--|
| HONGKOOK'S PAPER MODEL | | | | | | | | | |
| 2'nd FLOOR PLAN | | | | | | | | | |
| 91/10/12 1/100 | | | | | | | | | |
| NODE | | | | | | | | | |
| 1 | X= | 0 | Y= | 0 | | | | | |
| 2 | X=X1+100 | Y=Y1+100 | FIN | | | | | | |
| COLUMN | | | | | | | | | |
| 1 | W10*68 | 0 | '1C1' | | | | | | |
| 2 | W10*68 | 0 | '1C2' | FIN | | | | | |
| BEAM | | | | | | | | | |
| '2B1' | 1 | 2 | W10*68 | N10 | N10 | 'A36' | | | |
| '2B2' | 3 | 4 | W10*68 | N10 | N10 | 'A36' | FIN | | |

『그림 3.2』 GENERAL DRAWING의 입력 데이터의 예

1. 접합부를 설계하기 위해서는 평면 또는 입면의 수준(Level)을 정한다음 해당면의 절점좌표값을 Sort를 통해서 추출해낸다.
 2. 평면 및 입면에서 기둥의 단면을 나타내기 위해서는 해당절점을 지나는 기둥의 부재크기 및 위치형태를 지정해준다.
 3. 보에 대한 내용은 먼저 부재를 인식시키는 시작점과 끝점을 인식해야하며 해당 부재의 크기를 추출한다. 그리고 실제로 도면을 그리는 순서에 의하여 Girder와 Beam의구분이 따라야한다.
 4. 각 절점의 위치와 연결상태를 인지하여 접합부 형태를 결정한다.
 5. 치수와 중심선 및 지시선등의 내용은 기둥과 보가 통과하는 절점을 찾아서 표시한다.
- 위의 순서의 흐름도는 다음과 같다.



『그림 3.3』 HYEXPERT의 흐름도

4 데이터베이스 구축

기존 구조해석의 통합 시스템이라고 할 수있는 전 처리와 주 처리 그리고 후 처리의 사용은 크게 데이터베이스의 관리 및 운영까지 요구하는 필요성을 느낄 수 없었다. 그러나, 기본 계획, 실시도면 작성, NC TAPE 작성, 물량 산출서(Bill of Material)와 시공 관리(Construction Management)를 포함하는 전 구조 설계분야를 통합구축 하려할 때는 현재까지 사용하고 있는 File단위의 데이터 개념으로서는 한계를 느끼게 된다. 이는 건축 전 분야에 사용되는 데이터가 방대하며 각 분야에서 공통 데이터를 보는 관점이 전부 다르므로 더욱 강력한 데이터의 운영과 관리의 필요성을 절감하기 때문이다. 이에 본 철골 통합 시스템을 개발하는 과정에서 구축된 데이터베이스의 구성을 소개한다.

4.1 데이터베이스의 구성

1. 전 처리에서 발생되는 데이터를 세가지로 나누었으며 다른 처리과정과 공통적인 부분이 가장 많은 데이터들이다.

- 1) 형상(Geometry)에 의한 데이터베이스
- 2) 부재(Member Property)에 의한 데이터베이스
- 3) 재하하중(Load)에 의한 데이터베이스

2. 주 처리에서 발생되는 데이터들로서 후 처리 및 SHOP 처리에서 공유를 한다.

- 1) 재료(Material)에 대한 데이터베이스
- 2) 응력 및 변위(Force AND Deflection)에 대한 데이터베이스

3. SHOP 처리에서 사용한 데이터베이스는 두가지로 나누었는데 전문가 시스템 프로그램에서 주로 생성되는 데이터베이스이다.

- 1) 접합부(Connection)에 의한 데이터베이스
- 2) 실시도면(Drawing)에 대한 데이터베이스

각 처리과정(Processor)에서 데이터베이스의 내용을 받아들일 수 있도록 각 프로그램에 모듈을 추가하였으며 수정을 할 경우에는 각각의 모듈에서 직접 데이터베이스에 접근하여 수정을 할 수 있게 하였다. 전체적인 처리과정에 영향을 주는 수정은 처음부터 다시 할 수 있도록 처리하였다.

다음은 각 과정에서 처리되어 구축된 데이터베이스 구성의 일부분이다.

1. GEOMETRY DATABASE

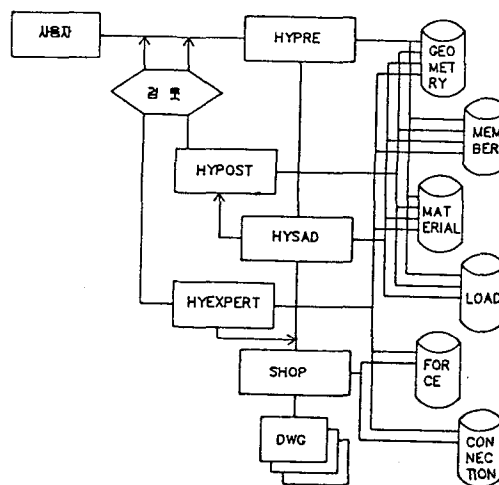
| Node Number | X | Y | Z ... |
|-------------|------|------|----------|
| 1 | 0. | 10. | 0. ... |
| 2 | 0. | 10. | 20. ... |
| 3 | 0. | 10. | 10. ... |
| 4 | 10. | 100. | -10. ... |
| 5 | -20. | 0. | 20. ... |

2. MEMBER PROPERTY DATABASE

2. MEMBER PROPERTY DATABASE

| Member No | Inode | Jnode ... |
|-----------|-------|-----------|
| 1 | 1 | 2 ... |
| 2 | 2 | 3 ... |
| 3 | 3 | 4 ... |
| 4 | 4 | 5 ... |
| 5 | 6 | 7 ... |

『그림 4.2』 데이터베이스의 구축 예



『그림 4.1』 구축한 데이터처리 및 수행과정

4.2 데이터베이스의 관리 및 운영

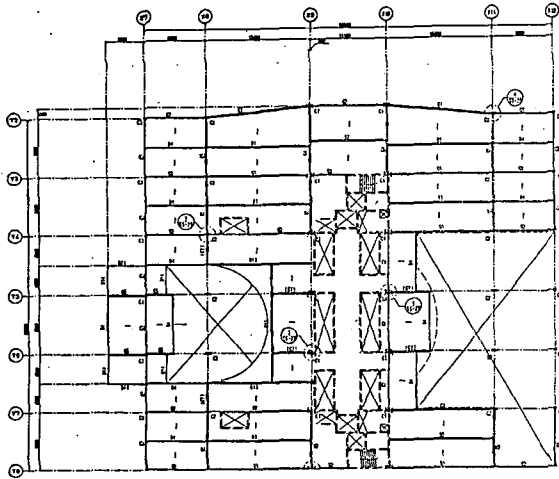
1. 수정하고 싶은 데이터가 있으면 수정할 내용이 어느 부분인가를 정한다음 그 부분이 전 처리(Total Processing)과정의 내용에 영향을 미치는 경우에는 해석의 입력 데이터 즉 전 처리(Pre Processing)에서부터 데이터베이스의 내용을 수

정하여 전 처리(Total Processing) 과정을 다시 한번 수행하게한다.

- 어떤 모듈에서 생긴 오차가 전 처리(Total Processing)과정에 영향이 미치지 않는 작은정도라면 직접 그 모듈내에서 데이터베이스를 수정하도록 한다음 그 해당 모듈만 수행하도록 한다.

5. 프로그램의 실행 예

그림 5.1은 HYEXPERT로 산출해내어 SHOP 처리로 그린 대상 모델의 기준층(2층)의 평면도이다.



『그림 5.1』 대상 모델의 기준층 평면도

6. 결론

본 연구에서는 철골 구조물의 전 처리에서 후 처리 및 실시 도면의 작성까지를 체계적인 데이터베이스와 전문가 시스템의 도입으로 전 과정을 일괄 처리하여 효과적으로 수행하는 과정을 보았다. 이러한 일련의 작업을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 고층 철골 구조와 같은 복잡한 구조를 갖는 데이터를 체계적으로 구축함으로써 비전문가도 용이하게 시스템을 사용할 수 있었다.
- 중복된 내용을 최소한으로 줄여 데이터베이스의 용량을 효과적으로 관리하여 경제적으로 구축하였다.

- 기본설계, 제작도면, 작도 및 제작이 일관된 데이터베이스 시스템하에서 이루어져 물량산출서 등을 포함한 결과를 동시에 얻을 수 있다.
- 지금까지는 수 작업만으로 해왔던 접합부의 설계를 일부나마 전문가 시스템의 도입으로 작업의 시간을 단축하고 노동력을 절감하여 도면의 질을 높게 했다.
- 각각의 환경에 맞는 시스템을 그대로 사용하여 실행하므로써 데이터의 전송 및 속도에 문제점이 없지않으나 어떠한 기종의 컴퓨터도 호환이 가능하다는 자신감을 갖게 되었으며 효율적인 데이터 전송을 하게 되었다.
- 응용프로그램의 입출력 모듈을 데이터베이스 구성에 맞게 구축하여 데이터의 수정 및 추가가 용이하게 했다.

참고 문헌

- 이병해, 오세학, "고층철골구조물의 설계자동화에 관한 연구", 1989. 춘계 학술발표회 논문집, 제9권, 제1호;
- 이병해, 김종현, "철근 콘크리트 구조물의 설계자동화", 1991. 춘계 학술발표회 논문집, 제11권, 제1호
- SACS-User's Manual, III Version, Engineering Dynamics Inc., 1989.;
- SOMEL User's Manual, 1989.;
- C.A.Brebbia and A.J.Ferrante, "Computational Methods for the Solution of Engineering Problems", second Edition 1979.;
- Bruce G.Johnston, Fung-Jen Lin, T.V. Galambos, "Basic Steel Design", second edition 1980.;
- Robert E.Fulton & James I.Craig, "Information Framework Technology for Integrated Design/Engineering System", Callaway Gardens, Georgia paper;
- Yixian Gu, V.Tuncer Akiner, George C. Driscoll, "A Prototype Expert System for Steel Connections", computer utilization sponsored by ASCE, May 1989.;