

# CAD를 이용한 온실 통합구조설계시스템 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of Integrated Structural Design System for Greenhouse Using CAD

고 일두\*      이 종상\*\*  
Goh, Il-Du    Lee, Jong-Sang

---

### ABSTRACT

PC that has been used extensively since the end of 1970 has extended its applicability to the structural analysis field, and recently the study for advanced integrated structural design system is increasing. This paper concentrates on the steel greenhouse structure applying light steel element. At first, it provides GUI for correct input of structured analysis data from the pre-processor which models greenhouse structure and extracts a shape data from an analysis data file.

Secondly, the data thus extracted is automatically connected with external analysis module. Thirdly, it takes up the study consequence of integrated structural design system for greenhouse that presents the analysis result as a diagram instead of a number.

---

## 1. 서 론

구조물의 설계는 여러 제한조건을 만족하면서 시공시 최소의 비용과 최대의 안전성을 유지하게 하는 일련의 작업이다. 구조설계의 과정은 제시된 조건 및 제한사항을 고려하여 예비설계, 해석 및 상세설계를 거치게 된다. 이런 설계과정에서 최적화된 구조설계를 얻기 위해서는 반복된 작업과 다양한 선택사항을 거쳐야 한다. 그 규모에 따라 설계단계 사이에는 다양한 상관 관계를 가지며 각 설계정보 사이에도 복잡한 관련성을 포함하고 있다. 그러므로 각 설계단계사이의 긴밀하고 효율적인 자료의 공유는 반복되는 설계과정을 최소화시킬 수 있는 요건이다.

실제적으로 각 설계단계는 긴밀한 협조가 이루어지지 못하고 있으며, 더구나 구조설계 과정에서 관련 자료들이 수정되어 처음부터 재 설계해야 하는 상황도 발생하게 된다. 이런 현실에서는 구조설계자가 구조에 대한 기술과 창의력을 구조설계단계에 충분히 발휘하는 것을 기대하기 어렵다.

구조설계에 대한 이런 문제점을 해결하고자 예비설계에서 시공도면 작성까지의 전 구조설계 작업을 일관되게 처리하는 통합구조설계시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 즉 통합구조설계시스템은 구조설계 문제에 연관된 설계정보를 적절히 구성하고 관리하며 설계정보 간의 상호 작용을 수행한다.

각 설계단계를 유연하게 연관시키기 위해서는 설계단계에서 발생하는 데이터를 적절히 변환하고 임의의 경험적인 판단을 내리는 등 많은 노력이 요구된다. 통합구조설계시스템은 이런 다양하고 복합적인 작업을 수행하기 위해서 효율적 데이터 처리를 위한 데이터베이스 시스템, 컴퓨터 그래픽 지원시스템이 긴밀하게 연관되어야 한다.

---

\* 서울산업대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

\*\* 서울산업대학교 산업대학원 석사졸업

본 연구는 이런 통합구조설계시스템의 개발을 위해 경량형강 부재를 응용한 철골 온실구조를 대상으로 구조설계를 위한 입력자료의 구축과 해석을 위한 자료의 추출 및 해석결과의 그래픽 표현인 후처리 단계까지를 통합하여 운영할 수 있도록 하고자 한다.

## 2. 통합구조설계의 단계

### 2-1. 예비설계

구조설계의 첫 단계는 구조물이 만족시켜야 할 다양한 설계조건을 정의하는 작업이다. 설계조건 중 많은 부분은 건축물의 계획설계 결과에 의하여 주어지게 되는데 온실구조물의 이러한 조건들은 평면의 형상, 구조물의 층고, 적재하중 분포, 지붕의 형태, 연동수, 외벽, 고정하중, 평면 내 수직부재(기둥, 내력벽, 피복재)의 위치와 크기 등이 있다.

이외에 온실의 경우 온실내 재배작물의 종류, 자동화시설의 범위등 보이지 않는 설계요인이 있을 수 있다. 이는 실제 어떤 수치값은 없으나 구조물의 형상등에 미치는 영향은 크다.

예비설계단계는 구조물의 기본 설계정보를 토대로 관련 자료를 수집하여 구조물의 형상을 결정하는 단계이다.

### 2-2. 전처리(Pre-Processor)

전처리과정에서는 주로 구조물의 모델을 구축하고, 이를 구조해석과정에서 필요한 형식으로 자료를 생성하는 단계로서 그 자료는 다음과 같은 내용을 포함한다.

1) 절점자료 - 절점이름, 절점 위치(X,Y,Z 좌표값), 절점 구속조건(X,Y,Z방향 이동과 X,Y,Z축 회전에 대한 6개의 DOF 중 변위가 허용되는 DOF와, 변위가 구속됐거나 의미없는 DOF를 구분), 절점 하중

2) 부재자료 - 부재의 절점연결 관계, 영계수, 포와송비, 단위중량, 선팡창계수, 부재의 단면, 단면의 형상, 부재 하중

3) 기타자료 - 구조물에 여러가지 하중이 작용할 경우 결과를 효과적으로 구하기 위하여 각 경우의 기본이 되는 하중을 기본하중경우라 하고, 구하는 조합경우를 기본하중경우의 실수배로 표시한 하중조합계수, 해석문제명, 관련 프로젝트명, 작성일 작성자, 사용된 단위

### 2-3. 구조 해석

구조해석단계는 전처리 과정에서 입력 및 관련된 절점, 부재, 하중, 기타자료를 바탕으로 각 절점의 변위, 부재응력, 반력등을 수리적으로 계산하는 단계를 말하며 사용자의 관여가 필요없는 단계이기도하다. 본 논문에서 사용된 구조해석 외부 프로그램인 SA40은 구조 강도 행렬의 특징인 대칭성과 대칭행렬(Symmetric and Banded Matrix)의 장점을 그대로 살려, 주기억용량을 최소화 하는 SKYLINE Method를 사용 Memory와 계산시간을 최소화 하였으며 연립방정식 해법은 Gauss소거법(Elimination)을 사용했다.

### 2-4. 후처리(Post-Processor)

구조해석에 의해 생성된 변위, 부재응력, 반력등을 하중조합별에 의한 응력도 곡선 및 수치로 표시하는 단계로서 구조설계자가 쉽게 구조물의 각부 응력을 알아볼 수 있게 하기위해 Graphic기능과 연계되어야 한다. 본 논문에서는 AutoCAD를 사용하여 생성된 응력의 Display를 Layer 관리에 의해 보다 손쉽게 할 수 있다. 또한 후처리 단계는 Material Estimator(물량산출), Shop Drawing(시공도면 자동생성), Report Generator(보고서 및 구조계산서 자동작성)등으로의 연계를 할 수 있는 자료준비 단계라고도 할 수 있다.

### 2-5. 부재설계

각 부재설계 (보, 기둥, 기초부, 접합부 등) 및 기초부의 Base plate, Anchor bolt 등과 접합부의 Bolting, Welding 등의 세부설계 및 각 접합부의 상세처리를 실시하는 단계이다. 보, 기둥부재의 형태, 크기, Joint 조건 및 2차부재의 설계까지 포함하는 세부설계 및 부재의 상세가 가능하도록

Block 및 Database를 확장하여 운용하며 부재 재설계의 Feedback을 실시하는 단계이다.

## 2-6. 설계 최적화

구조시스템의 최적설계란 모든 설계 상수와 설계하중들이 주어졌을 때, 목적함수가 최소로 되며 동시에 모든 설계제약조건을 만족시키는 설계변수를 결정하는 설계법이라고 정의할 수 있다. 여기서 설계 상수란 기본계획 단계에서 결정된 구조형태, 배치, 구조재료 등과 같이 설계를 위해 미리 정해진 상수들이며 설계하중으로는 설계에서 고려해야 하는 모든 형태의 하중이 포함되며 목적함수란 구조시스템의 보다 바람직하고 경제적이며 효율적인 설계를 위한 선택기준을 수식화한 것이다. 설계변수로는 구조요소들의 미지치수가 되는게 보통이지만 그 밖에 구조물 형상, Topology, 재료 등이 모두 설계재료로 취급 가능하다.

## 2-7. 도면화

예비설계 및 전처리과정에서 생성된 설계물의 절점 및 부재, 기타자료를 바탕으로 구조도, 구조상세도, 건축도면, 시공도면을 자동생성 하도록하는 단계로서 특히 상세도는 외부 파일 및 Database에 의한 Code화로 신속한 도면제작을 할 수 있도록 Library로 구축한다. 또한 GUI나 Dialogue Box 등에 의한 사용자의 입력을 최소화할 수 있는 프로그래밍이 필요하다.

기본적 구조체 생성중인 설계과정에서 3D 입체 표현이 가능하도록하여 설계 검토용으로 활용할 수 있게 하며 예상구조물의 형상을 시각적으로 인지하고 검토할 수 있도록 하며 입체영상에 의한 구조물의 실제 공간상의 설치상황을 볼 수 있도록 한다.

## 2-8. 물량산출 및 견적

도면정보의 도형과 비도형정보의 응용으로 물량산출용 구조체, 마감재, 간접비의 Database를 생성할 수 있도록 하며 자동산출 및 항목별 자동 집계에 의한 견적을 생성할 수 있는 단계로서 DB 정보의 Code화에 의해 부위별, 자원별, 공종별 집계를 해당 Report양식에 맞춰 생성할 수 있다.

본 연구에서는 전체 통합 시스템의 범주 중에서 전처리 단계 및 구조해석, 구조해석후의 결과를 표시하는 후처리까지를 통합의 범위로 구축하였다. 본연구의 통합시스템은 은실구조물에 국한되었으며 2차원의 선형해석 방법을 이용하였다. 또한 시스템내에 다양한 변수에 의해 초기입력 자료를 구축하였으며 이는 설계결과에 따른 물량의 자동산출과 설제도면의 자동생성 및 전기, 배관 설비를 위한 도면의 자동생성등 보다 광범위한 통합 구조설계 시스템의 개발을 이룰 수 있는 자료가 될 것이다.

# 3. 통합구조설계시스템의 개발환경

본 연구에 사용된 기본 O/S (Operating System) 환경은 DOS 이며, 시스템의 주 Engine은 범용 CAD(Computer Aided Design)프로그램인 AutoCAD를 사용하였다.

## 3-1. CAD (Computer Aided Design 전산지원설계)

본 연구의 그래픽 엔진(Graphic Engine)으로는 현재 국내의 CAD 프로그램 사용자 전체의 90% 이상이 사용하고 있는 AutoCAD를 사용하였다. AutoCAD에는 Keyboard에 의한 입력보다 인지도가 높은 GUI (Graphic User Interface)를 실현할 수 있는 DCL (Dialog Control Language)이 제공되며 이는 AutoLISP 응용 프로그램에 의해 쉽게 접근할 수 있다. 또한 데이터베이스용 표준언어인 Structured Query Language(SQL)을 기본으로 하는 ASI/ASE를 포함하고 있다. 또한 각 적용 분야에, 쓰기 편리하도록 도형요소나 MENU, 명령어들을 사용자 요구대로 꾸밀 수 있는 (Customization) 개방형 구조 (Open Architecture)를 가지고 있다.

### 1) AutoLISP

AutoLISP은 AutoCAD Interpreter 방식의 프로그래밍 언어이며, CAD의 도형정보 뿐만 아니라

비도형 정보를 사용자가 원하는 새로운 리스트로 구성한다. AutoLISP은 컴파일 과정 없이 즉시 수행되고 디버깅하기 쉬워서 프로그램 개발 피드백 주기가 짧다.

#### 2) ADS

ADS(AutoCAD Development System)는 연산능력이나 빠른 입출력, 메모리 관리등 C 언어의 장점이 필요할 때 선택되어지며, AutoLISP은 사용자와 대화가 많이 필요할 때 주로 사용된다. AutoLISP이나 ADS는 모두 기본적으로 AutoCAD의 명령어들을 호출할 수 있는 함수들을 가지고 있으며 기하학적 정보의 조작과 도면 데이터베이스를 자유롭게 접근할 수 있어 응용프로그램 개발시 강력한 프로그래밍 도구가 된다.

#### 3) Extended Entity Data

보다 다양한 자료의 추출을 보완하기 위해 요소를 생성, 선택할 때 요소자료에 사용자가 원하는 자료를 임의대로 추가할 수 있도록 만든 데이터를 확장 요소 데이터(XData)라고 한다. 본 논문에서는 이 XData 안에 부재의 단면, 하중의 종류 부재의 번호등을 부가하여 사용 하였다.

#### 4) DCL

DCL (Dialogue Control Language)은 AutoCAD에서 모든 데이터의 입출력을 사용자에게 시각화하여 신속하게 처리할 수 있도록 도와주는 GUI 환경을 구현하기 위해 부가된 기능으로 DCL은 ASCII 파일로 작성되며 Button, Edit Box, List Box, Popup List, Slide bar, Image button 등으로 사용자가 쉽게 디자인하여 사용할 수 있다.

#### 5) MENU

스크린 메뉴, 풀다운 메뉴, 타블렛 메뉴, 아이콘메뉴등이 있으며, 본 논문의 메뉴구성은 ① 은실의 개요(건물형태, 부재형태) ② 구조해석자료 (초기화, 하중입력, 해석 기초자료의 추출) ③ 구조해석 ④ 구조해석결과 (자료생성, LC 생성, 응력도 보기 등) 의 4부분으로 되어 있다.

#### 6) ASE/ASI

AutoCAD는 데이터베이스 파일들을 효율적으로 관리하고 통제하기 위한 데이터베이스 관리 시스템으로 AutoCAD SQL Interface (ASI)를 제공한다.

### 3-2. DBMS (Database Management System)

DBMS (Database Management System)란 서로 관련있는 데이터들의 집합을 컴퓨터 처리에 의해 데이터를 관리하는 시스템이며 구조설계 수행 과정에서 발생, 취급되는 재정보를 전담 관리하는 부분이다. 통합 구조설계시스템과 같이 그 안에서 방대한 양의 데이터가 취급되는 소프트웨어에서 데이터의 효율적인 관리(저장, 삭제, 탐색 등)와 데이터 흐름 및 공유 문제의 합리적인 해결은 중요하다.

본 연구에서는 개인용 컴퓨터에서 널리 사용되고 있으며 관계형 데이터베이스의 장점을 채택한 dBASE III+, IV를 사용하여 부재의 단면종류(H, C, Lib-C, Z, Lib-Z)와 부재의 재료(Steel, Conc) DB를 구축하였으며 이를 AutoCAD 데이터베이스 관리시스템인 ASE/ASI에 의해 상호 연결, 결합하여 사용하였다.

### 3-3. SA40

SA40은 Beam/Truss로 구성된 평면 및 입체골조해석을 위해 Personal Computer에서 사용하기에 편리하도록 프로그램속에 자료구성에 대한 규칙과 지식이 들어있는 프로그램이며 크게 데이터 관리 모듈과 해석 모듈의 두 부분으로 구성되어 있는데, 데이터관리 모듈은 본 시스템의 해석자료 추출에 의해 ASCII파일 형태로 추출되며 해석모듈에서 구조해석을 실시한다.

본 논문은 통합시스템구축을 위해 CAD Engine내에서 거의 모든 모듈이 수행되도록 하였으며, AutoCAD의 사용자 프로그래밍 언어인 AutoLISP 과 ADS(AutoCAD Development System), DCL(Dialogue Control Language), ASI(AutoCAD SQL Interface)를 사용하여 AutoCAD가 표준으로 제공하는 기능 이외의 복합적인 기능을 추가하여 구성 하였으며 이에 따라 도형자료 및 비도형 자료들을 연결시킬 수 있도록 프로그래밍 하였다. 데이터베이스 화일은 Relation에 의해 Query되도록 하였으며 구조해석모듈은 기존의 SA40을 사용 하였다.

## 4. 통합 구조설계 시스템의 구축

### 4-1. 온실 개요

#### 1) 온실 구조물의 특징

온실 구조물의 외양적 형식은 태양열에 의한 난방의 극대화를 위해 단층형으로 이루어지며 지붕의 형식에 따라 양지붕형과 아치형으로 구분될 수 있다. 양지붕이나 아치형의 지붕을 1개만으로 완성된 형을 단동형이라 하고 여러개로 연결해 놓은 형태를 연결 수에 따라 몇연동형이라고 한다. 국내에는 단동형이나 3, 5연동의 형식이 주로 이용되고 있다.

네델란드의 원예분야에서 사용하고 있는 온실의 경우는 양지붕형의 지붕에 연동형을 사용하는 데 한동의 Span간격이 길며 흙통에서 용마루까지 여러장의 유리로 겹쳐서 피복하는 방식의 와이드스판형과 유리판은 피복용바에 끼우며 피복용바와 유리판은 지지거터의 상부에 삼각트러스의 원리에 따라 지지되며 지붕의 폭이 3.2m 정도의 베로형이 있다.

본 연구에서는 양지붕형의 연동형태에 대한 형태자료를 중심으로 구성되었다.

#### 2) 부재 요소

온실은 태양열의 이용을 극대화해야하는 단점에의해 유리의 사용이 많으며, 이를 지지하기위해 알루미늄자재가 많이 사용된다. 온실구조를 위한 철골재로는 경량 H형강과 C형강 각관등이 주로 사용되고 있다. 그러나 온실을 위한 전용자재, 설비의 개발은 아직 미미한 실정이며 건축공사에서 사용되는 자재를 그대로 사용하고 있는 실정이다.

#### 3) 온실시설의 설비요소

온실 구조물은 각종 환경조절 및 자동화설비가 절대적으로 필요한 요소로서 이에 따른 설비시설이 필요하다. 설비시설에는 환기, 냉난방 등 환경조절을 위한 시설과 작업의 자동화설비와 관련된 부분 또한 유지 및 보수관리를 위한 설비시설이 있으며 이를 운영 및 관리하기 위한 전기설비, 냉난방을 위한 보일러 시설과 그에 부수된 배관설비가 추가된다. 이런 설비시설까지를 포함하는 총체적 시스템은 구조설계 시스템의 초기 구조체자료생성에서 발생하는 자료를 이용하면 도면화 및 자동설계가 가능하나 설비설계에 대한 기본적 설계 기준 및 체계는 각 부분의 전문적 설계방법을 전산화하기 위한 자료 및 기준의 설정이 우선되어야 한다.

### 4-2. 초기자료구축

온실의 구조체를 생성하기 위해 건물의 절점요소와 부재요소를 입력하는 부분으로 2개의 입력 그룹으로 형성하였다.

#### 1) 건물형태자료

건물의 형태자료는 구조체를 형상화하기 위한 온실 구조의 형태(연동수, 반쪽수, Span간격, 지붕경사, 높이등)를 선요소나 Entity의 생성없이 DCL에 의한 대화상자에서 입력에 의해 변수로서 저장하여 구조체모델링시 사용된다. 이에 필요한 입력사항은 다음과 같다.

- (1) Span 간격 : 온실의 연동수와 동의 Span간격, Y방향의 Span 반복수와 그 간격을 사용자의 입력에 의해 받아들인다. 이 자료는 수치자료로서 연동수나 반복수는 정수값을 취하며

Span간격은 실수값을 취한다.

- (2) 지붕의 경사 : 지붕이 지표와 이루는 각을 입력한다.
- (3) 높이 및 2차부재 : 철골조 결량형강 기둥의 높이를 입력하며 사용자의 입력은 Keyboard에 의한 입력과 Pointing Device에 의한 Slide bar의 Dragging에 의해 수치를 입력할 수도 있다. 또한 2차부재인 Pulin과 Girt의 간격을 입력한다.

건물형태에서 입력된 자료는 각 부재의 시작, 끝점인 절점 X,Y,Z 좌표값과 부재의 위치를 구성할 자료이며 이는 AutoLISP 프로그램내의 변수의 형태로 저장되게 된다.

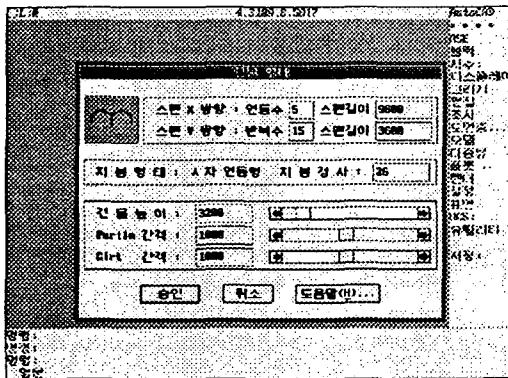


그림 1 건물형태의 입력 예

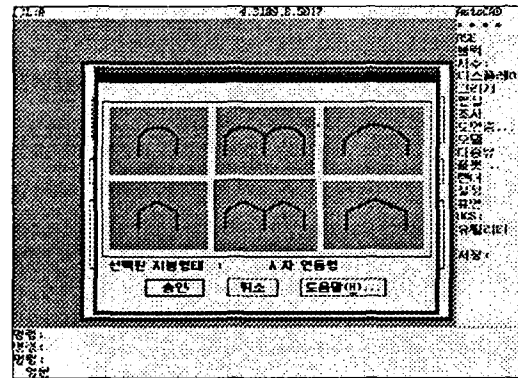


그림 2 건물의 지붕 형태

## 2) 부재형태자료

부재형태에서 입력되는 것은 온실구조의 기둥재, 보재, 지붕재, Pulin, Girt에 쓰일 부재의 자료를 화면에서 원하는 사항을 선택할 수 있도록 되어 있다. 우선 사용할 부재의 단면종류(H, C, Lib-C, Z, Lib-Z)를 Image Box에서 선택하면 선택된 부재단면에 해당하는 공칭치수만을 Database 파일에서 Query하여 표시해주며 또한, 공칭 치수를 선택시 선택한 형강의 종류중에서 해당 공칭치수의 범위에 포함되는 부재의 단면을 표시한다. 부재의 단면은 1~10정도이며 각종 부재에 사용할 부재단면을 선택하여 기둥재, 보재, 지붕재등의 버튼을 누르면 자동 적용된다.

TYPE	NOMINAL	H	B	T1	T2	R	C
HK	200x200	200	200	8.0	12.0	13.0	0.0
HK	200x200	200	204	12.0	12.0	13.0	0.0
C	80x40	80	40	2.3	0.0	0.0	0.0
C	60x30	60	30	2.3	0.0	0.0	0.0
CL	75x45	75	45	2.3	0.0	0.0	15.0
CL	75x45	75	45	2.0	0.0	0.0	15.0
Z	60x30	60	30	2.3	0.0	0.0	0.0
Z	40x20	40	20	1.6	0.0	0.0	0.0
ZL	75x45	75	45	2.3	0.0	0.0	15.0
ZL	75x45	75	45	1.6	0.0	0.0	15.0

< 부재단면 DB의 일부분 >

모든 부재가 입력되면 온실구조체를 자동생성한다. 이때 각각의 부재는 Column, Roof등의 Layer를 생성하며 해당 Layer에 각 요소를 분리 저장한다. Entity의 생성과 동시에 각부재 및 절점의 번호와 부재의 단면정보를 Xdata에 의해 각 해당 Entity에 요소이름별로 적용하고 이들 정보는 전처리 부분의 해석기초자료출력시 파일로 추출된다.

부재형태에서는 기둥이나 지붕 및 Purlin, Girt에 사용할 부재의 형태를 선택하는 것으로 Database 파일로부터 공칭치수 및 단면 세부사항을 읽어들이어 조건에 따른 내용을 Query한다.

사용할 부재의 종류를 선택하고 단면공칭치수를 선택 후 적용할 요소의 버튼을 누른다. 부재의 입력이 완료되면 입력된 정보에 따른 구조체 모양을 생성한다. 생성되는 구조도는 3D입체 구조체이며 이를 이용하여 다양한 Color의 정지화상이나 Animation의 제작도 가능하다.

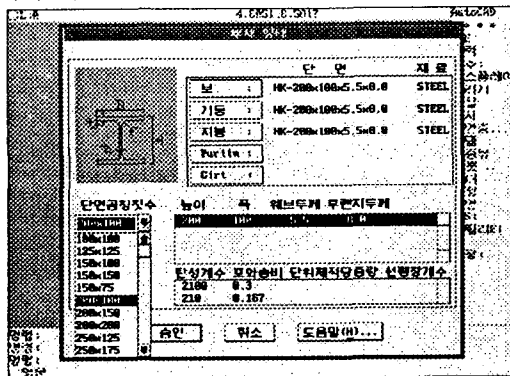


그림 3 부재의 단면 입력 예

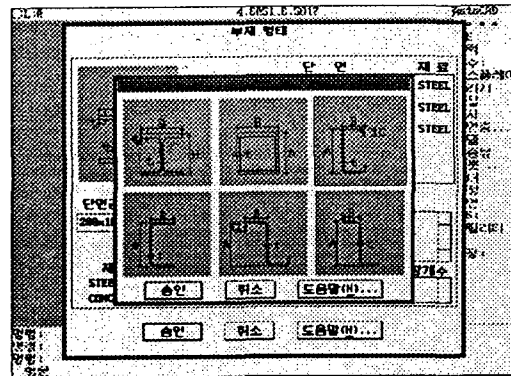


그림 4 부재의 단면 형상 선택 예

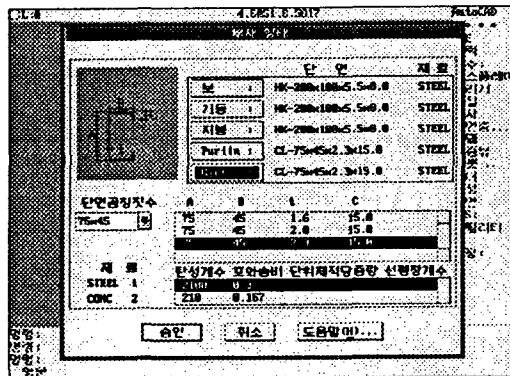


그림 5 부재 단면 입력 완성 예

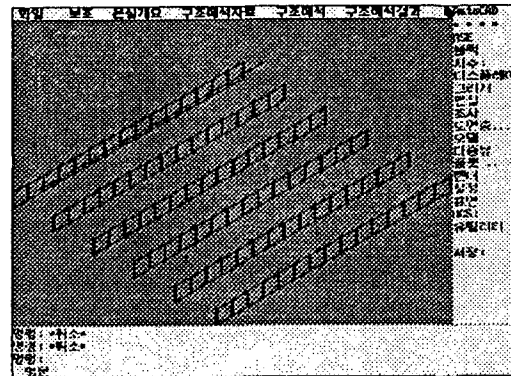


그림 6 구조체의 기둥 생성 예

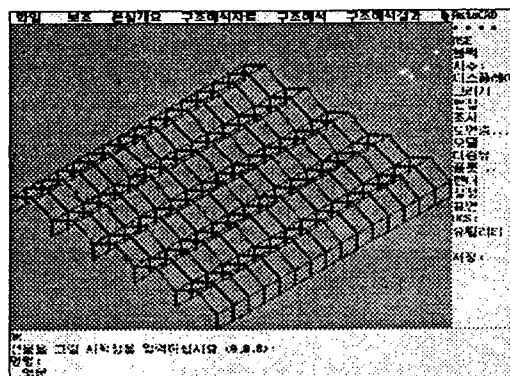


그림 7 구조체의 지붕재 생성 예

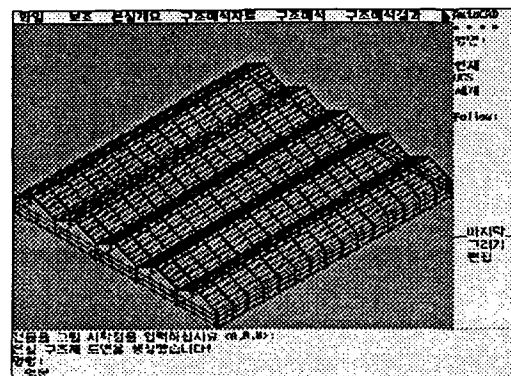


그림 8 구조체의 Purlin 및 Girt 생성 예

### 4-3. 전처리 과정

구조해석의 기초작업을 위해 도면생성시 부재정보 및 절점정보를 갖고 있는 선형의 2D요소로 변경한다. 하중조건에서 고정하중과 실하중 및 풍하중의 하중세부사항을 입력하고 해당하중을 적용할 부재를 선택한다. 입력장치의 선택에 의해 비도형 정보인 하중값이 Xdata에 의해 선요소에

Attach된다. 이는 구조해석 자료생성시 자료화일에 쓰여진다.

1) 하중자료

온실 구조체에 가해지는 하중의 종류는 다음과 같다.

- 고정하중
  - 마감재의 하중 : 피복재, Purlin, Beam과 Bracing Girder
  - 지붕에 매달리는 하중 : 장비하중, 작물하중, 물흙통
- 적설하중
- 풍하중
- 지진하중

(1) 고정하중

온실의 지붕재에 전달되는 수직하중으로 마감재와 지붕에 매달리는 하중으로 구분된다. 마감재에는 구조물을 구성하는 구조체의 자중(경량형강, Purlin, Girt, Beam등)과 피복재(유리, 알루미늄바)의 중량을 의미하며 지붕에 매달리는 하중은 다음과 같다.

- ① 장비하중 : 모노레일, 호이스트등 내부 장비에 의한 하중
- ② 작물하중 : 땅에 심지않고 구조체에 매달아 재배되는 작물의 하중
- ③ 물흙통 : 빗물을 처리하기위한 흙통의 자중

다음의 각 수치는 초기 하중대화상자의 적재시 설정되는 초기값이다.

- ① 마감재
  - 외부마감재(유리+알루미늄) : 12.5 (kg/m<sup>2</sup>)
  - Purlin : 5
  - 보와 가새 : 10
  - Girder : 10
- ② 지붕에 매달리는 하중
  - 장비하중(모노레일, 호이스트) : 7.5 (kg/m<sup>2</sup>)
  - 작물하중 : 7.5
  - 물흙통 : 7.5

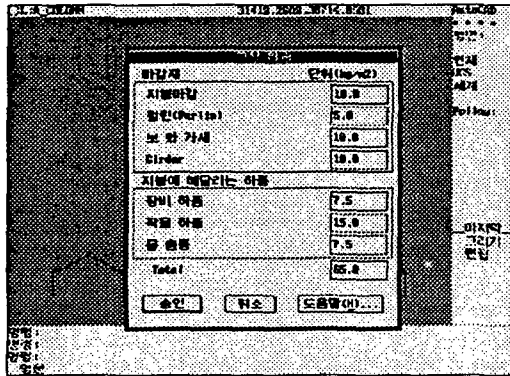


그림 9 고정하중의 입력 예

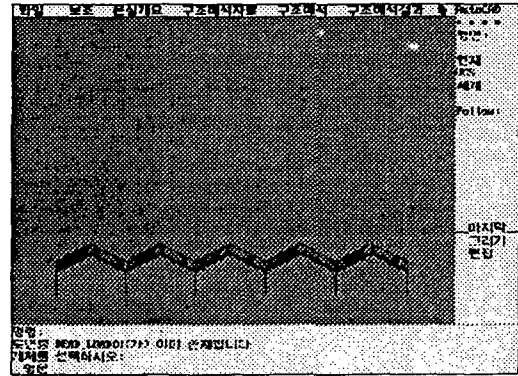


그림 10 고정하중의 적용 예

(2) 적설하중

온실구조의 지붕위에 작용하는 적설하중은 다음식으로 구한다.

$$S = P \times Z_s \times C_s$$

여기서, S : 설계용 지붕적설하중(kg/m<sup>2</sup>)  
 P : 눈의 평균단위중량 (적설 1cm당 kg/m<sup>3</sup>)  
 Z<sub>s</sub> : 설계용 지상적설깊이(cm).  
 C<sub>s</sub> : 지붕경사 및 형태등에 의한 계수

① 눈의 평균단위중량



지상적설깊이에 따른 평균단위중량을 의미하며 각 구간의 중간값은 직선보간에 의해 구해진다. 적설의 단위체적중량은 수평면에 대한 중량으로 적설심별 중량은 표 1을 기준으로 한다.

지상적설깊이 (cm)	50 이하	100	150	200 이상
적설깊이 1cm당 평균단위중량(kg/m <sup>3</sup> )	1.0	1.5	2.0	3.0

표 1 눈의 평균단위하중(P)

② 지상적설깊이

전 지역이 5가지의 구역으로 구성되어 온실구조물이 설치될 구역을 선택하거나 수직적설심을 선택함으로써 해당값을 입력한다.

설계용 지상적설 깊이는 표 2를 기준으로 한다.

지역 구분	수직최심 적설량	P × Zs (kg/m <sup>2</sup> )	지역
I	30	30	여수,진주,충무,부산,울산,제주,서귀포
II	50	50	서울,인천,수원,단산,대전,이리,전주,광주,울진,포항
III	70	84	울산,목포,춘천,청주,추풍령,대구
IV	150	300	속초,강릉,대관령
V	350	1050	울릉도

표 2 설계용 지상적설깊이(Zs : cm)

③ 지붕경사 및 형상계수

초기 건물형태입력시 생성된 지붕경사에 의해 자동계산되어진 결과값을 표시한다.

지붕경사 및 형태등에 의한 계수식은

$$C_s = 0.8 - \frac{\alpha - 30}{50} \quad \text{으로 한다.}$$

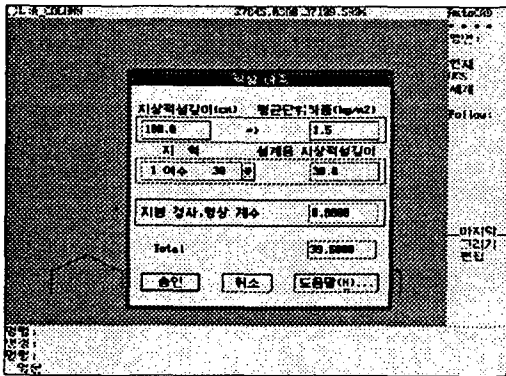


그림 11 설하중의 입력 예

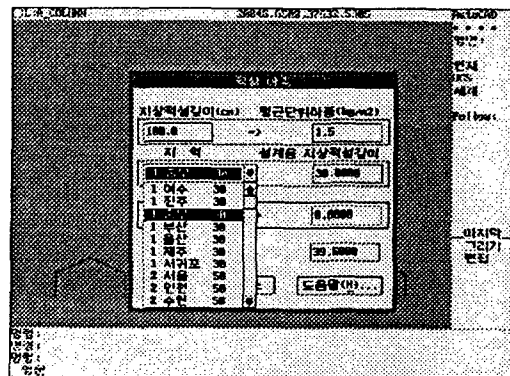


그림 12 설하중의 지역선택 예

(3) 풍하중

풍하중은 사용년수에 따른 풍속도와 다음식으로 구한다.

$$P = C \times q \times A \quad q = 0.016 \times v^2 \times \sqrt{h}$$

여기서, C : 풍력계수

q : 설계속도압(속도압의 최소치는 50kg/m<sup>2</sup>)

A : 구조물의 풍압면적(m<sup>2</sup>)

v : 설계용 풍속(m/s)

h : 지표면으로부터의 높이(m)

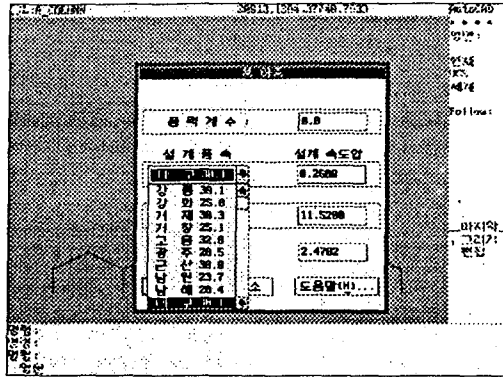


그림 13 풍하중의 입력 예

(4) 하중조합

하중조합은 다음의 3가지 경우를 고려한다. 이는 각 하중의 적용으로 자동등록되며 해석자료생성시 각 하중조합을 등록하고 후처리과정에서 각 하중조합에 따른 부재응력을 표시한다.

- ① Dead Load
- ② Dead Load + Snow Load
- ③ Dead Load + Wind Load

2) 해석 기초자료의 추출

건물형태, 부재형태, 하중조건 및 그의 입력이나 기본적 자료를 바탕으로 ASCII Text 형식의 도면화일명 .DAT 파일로 추출한다. 생성된 자료의 내용은 다음과 같다.

```

* Title
  PROJECT Frame
  Ton,Cm
* Joint Loads
* Joints
1 "" 0.0 0.0 0.0 111110 0 0 0 0 0 0
2 "" 0.0 320.0 0.0 001110 0 0 0 0 0 0
3 "" 600.0 612.6 0.0 001110 0 0 0 0 0 0
4 "" 1200.0 0.0 0.0 111110 0 0 0 0 0 0
5 "" 1200.0 320.0 0.0 001110 0 0 0 0 0 0
6 "" 1800.0 612.6 0.0 001110 0 0 0 0 0 0
7 "" 2400.0 0.0 0.0 111110 0 0 0 0 0 0
8 "" 2400.0 320.0 0.0 001110 0 0 0 0 0 0
9 "" 3000.0 612.6 0.0 001110 0 0 0 0 0 0
10 "" 3600.0 0.0 0.0 111110 0 0 0 0 0 0
11 "" 3600.0 320.0 0.0 001110 0 0 0 0 0 0
* Element Loads
1 VA -0.0000065 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 VA -0.00000396 0 0 0 0 0 0 0 0 0
* Materials
1 2100 .3 0 0
* Sections
1 "" 1 IS 20.0 10.0 0.55 0 0 0 0
* Elements
"" 9 11 Y 1 COLUMN 0 1 1 0 0 0 0
"" 8 9 Y 1 COLUMN 0 1 1 0 0 0 0
"" 6 8 Y 1 COLUMN 0 1 1 0 0 0 0
"" 5 6 Y 1 COLUMN 0 1 1 0 0 0 0
"" 3 5 Y 1 COLUMN 0 1 1 0 0 0 0
"" 2 3 Y 1 COLUMN 0 1 1 0 0 0 0
"" 1 11 -X 1 COLUMN 0 0 0 0 0 0 0
"" 7 8 -X 1 COLUMN 0 0 0 0 0 0 0
"" 4 5 -X 1 COLUMN 0 0 0 0 0 0 0
"" 1 2 -X 1 COLUMN 0 0 0 0 0 0 0

```

```

* Load Combinations
Dead_load      0  1  0  0  0  0  0  0  0  0
Snow_load     0  0  1  0  0  0  0  0  0  0
Dead+Snow     0  1  1  0  0  0  0  0  0  0
* End data

```

< 해석기초자료의 출력 예 >

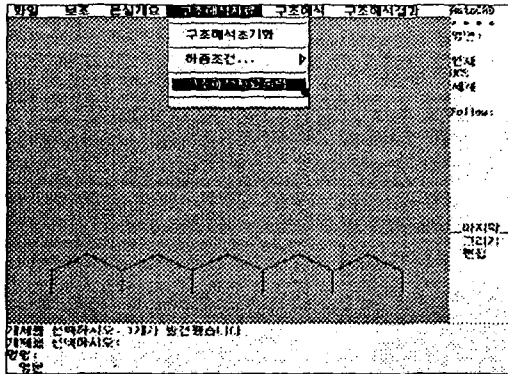


그림 14 해석자료화일의 생성

Joint	Ux	Uy	Uz	RotX	RotY	RotZ
1	0.0	0.0	0.0	111110	0	0
2	0.0	320.0	0.0	001110	0	0
3	100.0	554.1	0.0	001110	0	0
4	0.0	0.0	0.0	111110	0	0
5	0.0	320.0	0.0	001110	0	0
6	140.0	554.1	0.0	001110	0	0
7	1320.0	0.0	0.0	111110	0	0
8	1320.0	320.0	0.0	001110	0	0
9	2470.0	554.1	0.0	001110	0	0
10	2390.0	0.0	0.0	111110	0	0
11	1390.0	320.0	0.0	001110	0	0
12	1390.0	554.1	0.0	001110	0	0
13	2040.0	0.0	0.0	111110	0	0
14	2040.0	320.0	0.0	001110	0	0
15	4320.0	554.1	0.0	001110	0	0
16	4320.0	0.0	0.0	111110	0	0
17	4070.0	320.0	0.0	001110	0	0
18	4070.0	554.1	0.0	001110	0	0
19	0.0	0.0	0.0	001110	0	0

그림 15 해석준비자료의 내용

#### 4-4. 구조해석

##### 1) 방법 1

전처리과정에서 생성된 해석기초자료인 화일명. DAT화일을 바탕으로 해석을 실시하며 각 응력 및 변위를 화일로 출력한다. SA40과는 Menu의 구조해석을 선택함으로써 실행되어지며 이에 의해 \*HST 화일을 생성하여 Macro 기능을 이용한 자동수행으로 진행되며 도면명과 같은 각종 응력 및 변위자료를 화일로 생성한다.

##### 2) 방법 2

SA50 해석모듈을 AutoCAD가 ADS형태로 직접불러서 구조해석을 한다.

Menu의 구조해석부분 선택으로 외부해석모듈인 SA40과의 자동접속 및 해석결과의 생성 그리고 다시 본 통합시스템으로의 복귀가 자동으로 이루어진다.

#### 4-5. 후처리 과정

##### 1) 해석후 출력자료

구조해석후 SA40은 다음과 같은 화일을 생성한다. 다음의 화일명은 AutoCAD의 화일명이 PROJECT로 했을 경우의 예이다.

```

PROJECT.INP   PROJECT.SLT   PROJECT.EFT   PROJECT.JTT
PROJECT.HST   PROJECT.EMT   PROJECT.RPT   PROJECT.DST
PROJECT.EQT   PROJECT.RST   PROJECT.DWG

```

##### 2) 응력의 검토

초기 건물개요에서 생성된 도면요소와는 별개로 해석 결과를 표시하기 위한 2차원 Mesh를 생성하며 Mesh생성시 부재, 절점번호를 표시한다. 구조해석에 의해 생성된 자료를 바탕으로 각 하중조합별 모멘트, 축력, 전단력 Diagram을 표시하며 구조설계자가 원하는 응력도를 개별적으로 선택에 의해 보여주며 변위도 표현한다. 또한 Mesh에 생성되는 글자의 크기를 조정할 수도 있다.

구조해석에 의해 생성된 각종 변위, 부재응력, 반력등의 내용을 Graphic Screen에 절점번호, 부

재번호와 하중조합에 따른 모멘트, 전단력, 축력의 Diagram을 생성하고 각각 분리된 형태로 응력도를 볼 수 있도록 해준다.

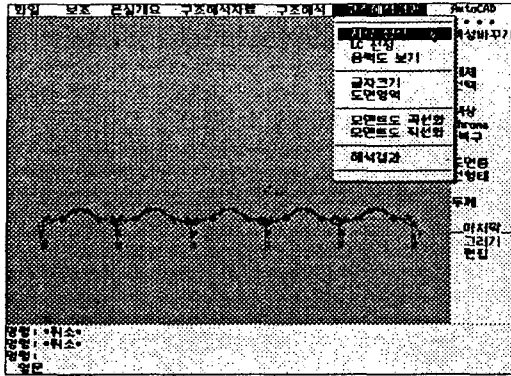


그림 16 해석결과 자료의 생성

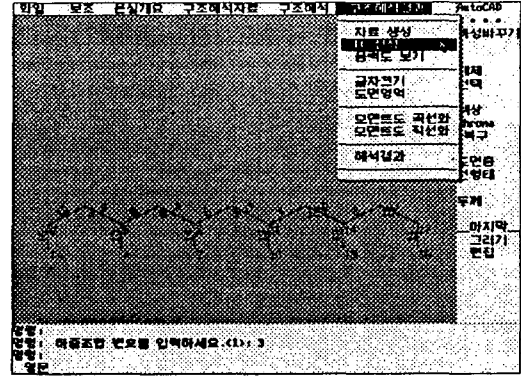


그림 17 하중조합의 선정

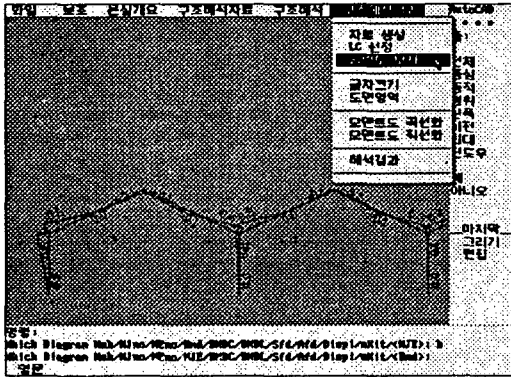


그림 18 부재의 휨모멘트 표시 예

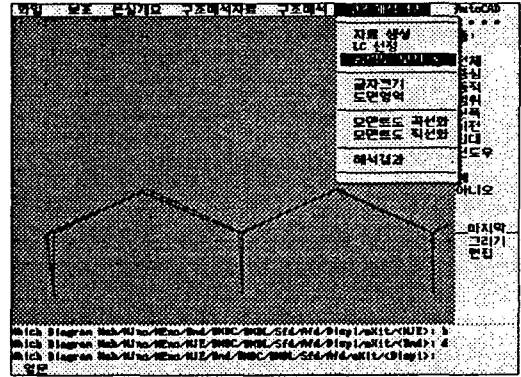


그림 19 부재의 변위 표시 예

```

*** Element Forces (Full Load Combination) ***
-----
Elm LC Jcst-No Axis-F Shear-x Moment-x Shear-y Moment-y Inertia
-----
1 1 15 0000238 0002297 -0000747
    17 -0017907 0016111 -2001328
    Center 0071483
1 2 15 0000538 0002087 -0000747
    17 -0017907 0016111 -2001328
    Center 0071483
1 3 15 0017072 0005734 -1325494
    17 -0005619 0002297 -5722132
    Center 0543287
2 1 14 0015000 0714005 -1700120
    15 -0007539 0004341 0000747
    Center 0071768
14 0015000 0014005 -1700120
    Center 0000000 0000000 0000000 0000000
  
```

그림 20 해석 결과파일의 내용 예

## 5. 결 론

이상에서 서술한 바와같이 본 연구는 첫째, 전처리과정으로 구조해석을 위한 자료를 GUI를 통해 쉽고 정확하게 입력하여 온실의 구조를 모델링하고 형상자료 및 관련자료와의 연관관계를 해석용 자료파일로 추출한다. 둘째, 외부 해석모듈과 자동연결한다. 셋째, 해석 결과(변위, 부재력, 반력등)를 수치로 보여주는 대신 다이어그램으로 표시해주는 온실용 통합구조설계 시스템을 본

연구의 결과로 한다. 이는 다음과 같은 통합화에 대한 결론을 얻었다.

1. 대화상자를 통한 일괄 입력

전처리, 해석, 후처리를 각각의 단위로 그룹화하여 기존의 일문일답식 입력에 따른 수정시 어려움을 DCL을 이용하여 사용자 오류를 즉시 수정하며 입력할 수 있도록 하였다.

2. Graphic에 의한 자료입력

전처리단계에서 구조형상을 표시하기 위한 각 절점과 부재에 관한 Graphic 자료를 구축하였다.

3. 해석 구조체를 Graphic으로 형상표시

해석과정에서 입력된 자료는 변수화하고 부차적 자료를 생성하여 도형으로 표시 하였으며 이는 각종도면의 생성을 쉽고 빠르게 할 수 있고 온실구조체의 실물도나 Animation(동화상)등을 제작할 수 있는 기초자료로 이용할 수 있다.

4. 단면재료 목록화

각 형태별 단면 DB의 단일화로 단면 Code에 의한 부재단면 및 재료 자료의 관리효율을 향상시켰고 각 Code에 의한 부재의 정보를 통합 운영할 수 있다. 또한 등록되어 있지않은 단면자료도 사용자에게 의해 생성 및 이용할 수 있도록 하였다.

5. Graphic 자료와 외부DB 연결

절점 자료및 부재자료등이 Xdata와 DB를 통해 ASE/ASI이용하여 온실 통합 시스템내에서 직접관리할 수 있어 화일의 연결을 쉽고 빠르게 실시할 수 있다.

6. 해석 싸이클 단축

입력된 해석용 기초자료로부터 해석자료구축이 자동처리되며 그자료의 가공 및 해석결과 생성에 소요되는 시간이 짧아 부재설계시 연속적인 부재의 검토 및 최적부재의 선택에 필요한 시간이 대폭 축소될 수 있다.

7. 통합설계 DB 구축

통합 구조설계시스템에 의해 구축된 DB는 부재 설계, 도면화, 배관 설비, 전기 설비, 전적등 다른 분야에서 연계하여 응용될 수 있는 바탕이 된다.

본 연구에서는 불필요한 자료의 생성을 줄이며 해석 모듈의 반복적 수행을 통한 Feedback의 주기를 보다 짧게할 수 있도록 해석모듈을 CAD시스템내의 통합 구조설계 시스템의 한 부분으로 통합하는 연구가 필요하며 온실 통합구조설계 시스템의 향상된 기능 개발을 위해서는 모든 연구에 선행되어 국내 온실 구조물의 구조설계 기준 및 자재의 표준화등이 필요하고 온실자체에 대한 이용만이 아닌 건축적요소 (설계, 구조, 재료)의 온실구조에 대한 연구가 필요하다.

## 6. 참고 문헌

- 1) 고일두, "컴퓨터를 이용한 철근 콘크리트 보-기둥 부재설계방법에 관한 연구", 서울대학교, 1989. 1
- 2) 고일두, "개인용 컴퓨터를 이용한 골조해석 프로그래밍에 관한 연구", 경기공업개발대학논문집, 1986
- 3) 고일두, 조철호, "PC를 이용한 구조물의 해석과 설계" 전산구조공학회, 1990. 7
- 4) 송석환, "CAD를 이용한 건축구조해석용 Pre- Processor 구축에 관한 연구", 서울산업대학교, 1992
- 5) 김이두, 최창근, "건축구조설계의 통합시스템을 위한 데이터베이스의 구축", 전산구조공학회, 1991
- 6) 전북대 산업개발연구소, "농업토목설계를 위한 유한요소해석 시스템 개발", 농림수산부, 1990. 11
- 7) 조효남, 박문호, 류연산, "구조물의 최적설계", 전산구조공학회, 1991. 2
- 8) Jack McCormac 著 장동일 譯, 강구조설계, 1988. 2
- 9) 농어촌진흥공사, "UR 대응, 농업실행사업 심포지엄", 농촌진흥공사, 1994. 5
- 10) 고일두, SA40 V3.6 매뉴얼, 1990, 3
- 11) Frederic H.Jones Lloyd Martin, "The AutoCAD Database Book", VENTANA
- 12) J.smith and R.gesner, "Inside AutoLISP", New Riders
- 13) D.Raker and H.rice, "Inside AutoCAD", New Riders
- 14) J.smith and R.gesner, "Customizing AutoCAD", New Riders