

# STEP을 이용한 철골건물의 구조설계정보 통합시스템의 구축에 관한 연구

## A STEP-based Integrated Structural Information System for Steel Framed Building Structures

박 순 규\*      임 경 일\*\*      김 이 두\*\*\*  
Park, Soon-Kyu      Lim, Kyoung-Il      Kim, E-Doo

### 요 지

본 연구는 철골 건축구조물에 관한 정보의 표현과 교환을 위하여 STEP을 이용한 구조해석 및 설계용 통합 시스템의 모델을 제시한다. 이러한 통합시스템을 구축하기 위하여 철골 구조물 제품모델을 위한 AP 230을 근간으로 기하 및 위상 정보를 나타낼 수 있는 Part 42와 상세한 구조해석을 표현할 수 있는 Part 104을 추가 시키고자 한다. 이렇게 함으로서 철골구조물에 관한 종합적인 엔지니어링 정보의 표현을 보다 명확하게 하고 또한 정보의 교환을 보다 쉽게 할 수 있게 된다. 이러한 통합시스템의 개발모델에 따르면 구조물에 관한 상세정보와 시공정보들도 쉽게 추가할 수 있다.

**핵심용어** : 표준화, 철골구조물, 통합시스템, 구조해석, 구조설계

### Abstract

This paper presents a prototype for structural analysis and design system by use of the STEP concepts for the representation and exchange of information on framed steel structures, and also integrates the product model of steel structures of AP 230, geometric and topological information of Part 42, and detailed Finite Element Analysis information of Part 104 into an unified system. Thus, the STEP-based system makes engineering information more clearable and exchangeable between computer applications than any other conventional methods. This system may be further extended to incorporate other computer applications for detailed engineering and manufacturing information on steel structures.

**Keywords** : STEP, steel structural frame, integrated system, structural analysis, structural design

### 1. 서 론

컴퓨터산업의 급속한 성장과 정보기술의 발전에 힘입어 각 산업분야에서는 업무자동화에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.<sup>1)</sup> 하지만 건설분야에서는

타 분야와 달리 이러한 정보기술을 이용한 자동화가 부분적으로 수행되고 있을 뿐 해석 및 설계 전 단계를 포함하는 통합 자동화시스템은 그 발전속도가 미흡한 편이다. 이러한 배경은 건축의 특성상 프로젝트별로 그 업무가 특성화되는 경향에 기인하며, 또

\* 정회원 · 울산대학교 건축학부 교수, 공학박사

\*\* 울산대학교 건축학부, 공학석사

\*\*\* 정회원 · 울산대학교 건축학부 부교수, 공학박사

· 이 논문에 대한 토론을 2000년 6월 30일까지 본 학회에 보내주시면 2000년 9월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

한 관련 종사자들의 이해부족과 구현방법상에도 그 문제점이 있다고 볼 수 있다.

그러나, 철골구조물의 경우에는 사용되는 재료뿐만 아니라 해석, 설계, 시공 등의 많은 업무분야가 규격화되어 있어 건설분야 중에서 통합시스템의 개발이 용이한 편이다. 이러한 이유로 지금까지 철골구조물의 해석 및 설계 자동화에 대한 연구가 지속되어 왔으나, 그 대상은 주로 부재 및 접합부 설계에 한정되었다.<sup>2)</sup> 그리고 기존의 자동화 연구는 표준화가 되지 않은 각자의 독자적인 시스템에서 구성되어 다른 분야와의 작업공유 및 정보교환이 거의 이루어지지 않고 있다는 문제점을 안고 있다. 즉, 구조해석 및 설계 관련 프로그램들은 각자의 시스템 사양과 고유한 프로세스 분석에 의해 서로 다른 구성으로서 이루어져 있어서 하나의 프로그램에서 얻어진 데이터를 타 프로그램에서는 이용하기가 어렵다. 이러한 상황에서는 자동화나 시스템 통합에 의한 작업 효율이나 비용절감은 더 이상의 진보를 기대하기 어렵게 된다.

이러한 문제에 대한 해결책으로 객체지향 기법과 컴퓨터 프로그램들간의 엔지니어링 정보교환을 위한 제품모델의 표준을 제정하기 위한 연구가 ISO에서 진행하고 있는 STEP이다. 철골구조물과 관련해서는 ISO TC184/SC4/WG3 N528(T12)-AEC 산하 Building & Construction Group에 의해 연구되고 있는 국제표준 제품모델로 AP230<sup>3)</sup> (Building Structural Frame:Steel work)이 있다. 이 응용프로토콜은 주로 유럽의 주요 대학교 및 연구소 등으로 구성된, 영국 Leeds대학의 CAEG (Computer Aided Engineering Group)에 의해 제시된 CIS (CIMSteel Integration Standard)를 근간으로 하고 있다. 이 CIS는 현재시점으로 보면 데이터 교환을 위한 임시 솔루션을 산업에 제공하는 것이 되고 미래 시점으로 보면 ISO 표준 개발을 위한 기초를 제공하는 역할을 한다. 현재는 ACECAD, QSE, Intergraph, GoData, CSC와 같은 소프트웨어 벤더들이 CIS를 토대로 응용프로그램을 개발하고 있다.

본 연구는 철골 건축구조물의 구조해석 및 설계 통합시스템의 개발에 관한 연구로서, 해당구조물에 관한 그래픽정보 뿐만 아니라 엔지니어링 정보, 즉, 예비설계, 구조해석, 부재 및 접합부 등의 세부설계, 설계의 평가 등의 과정 등에 관한 정보를 체계

적으로 관리하는 데 그 목적을 두며, 이를 위하여 STEP을 활용한다. 즉, 현재 의 AP230을 토대로 제품모델을 구성하되 구조물의 기하 및 위상정보에 대해서는 Part 42<sup>4),5)</sup>를, 상세한 구조해석을 위해서는 Part 104<sup>6)</sup>를 결합시킨 통합시스템의 모델을 제시한다.

## 2. 통합시스템의 구성요소

### 2.1 AP 230 (Application Protocol 230)

이 응용프로토콜은 철골 건물의 계획, 설계, 시공, 사용 및 파괴단계의 제품모델을 제시하고 있는데, 현재는 앞의 3단계만을 그 대상으로 하고 있으며, 프로세스에 대한 내용은 포함하지 않고 있다. 본 연구에서는 구조계획 및 설계단계의 정보표현을 중점적으로 다룬다.

AP 230의 제품모델의 골격은 그림 1과 같다. 그림 1은 AP 230 스키마의 전체 구조에서 가장 핵심을 이루는 Assembly와 Design assembly, 그리고 Manufacture assembly의 관계를 나타내고 있다. AP 230에서는 엔티티로의 최상위 단계로 Steel structural frame entity가 존재하지만, 구조물을 표현하기 위한 실질적인 구성을 나타내는 것은 이 세 개의 엔티티들이다.

이들의 관계는 그림 1과 같이 Design assembly와 Manufacture assembly가 Assembly에서 속성들을 상속받고 있다. Assembly는 Abstract로 선언되어 있어 실질적인 데이터를 담는 인스턴스가 만들어질 수 없고, Design assembly나 Manufacture assembly에서 인스턴스를 만들 수 있는 데, Design assembly는 설계자를 위한 정보를, Manufacture assembly는 시공자를 위한 정보를 담을 수 있다. 그리고, 설계자들이 구조설계에 필요한 데이터를 얻기 위해 구조해석을 수행하게 되는데, 해석에 관한 부분은 Analysis model에서 담당하도록 되어 있다.

세부적으로 Design assembly의 구성을 살펴보면 다시 Structure frame, 그리고 Structure member, Structure connection로 다시 자신의 속성들을 상속시킨다. Structure frame은 Structure member 들 및 Structure connection들로 구성된 구조물에서의 frame을 나타내며, Structure member는 부

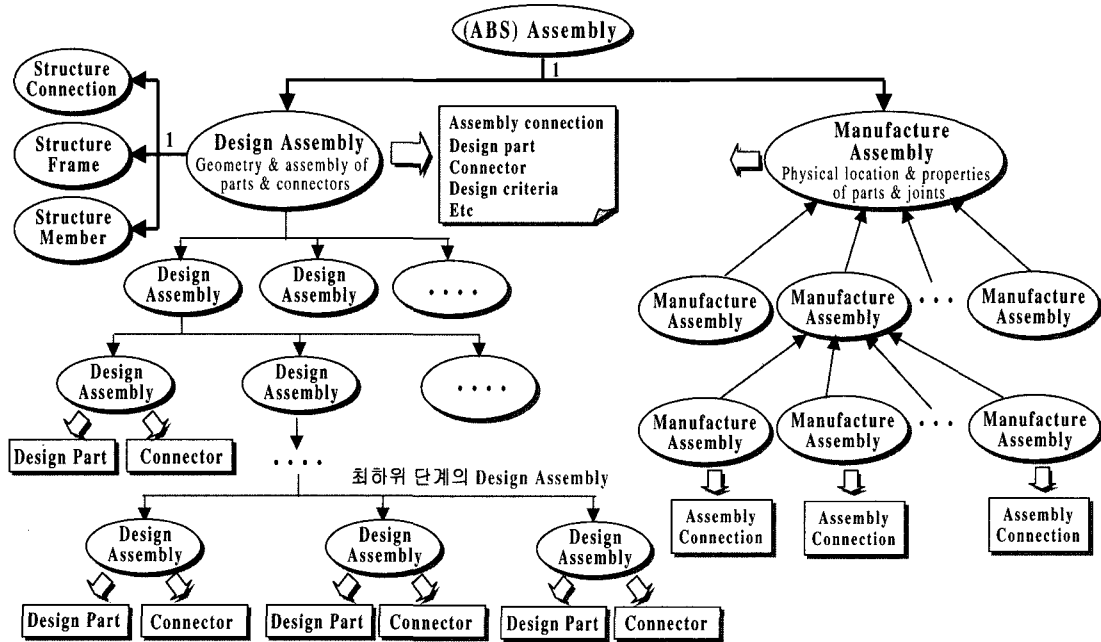


그림 1 Assembly의 구성도

재요소, 그리고 Structure connection은 구조물에서의 집합부를 표현한다.

Design assembly는 여러 개의 하위 Design assembly들로 세분화될 수 있으며, 이 하위의 Design assembly들은 또 다른 하위의 Design assembly들의 정보를 가질 수 있도록 구성됨으로서 설계자가 Top down<sup>7)</sup> 형태로 설계를 진행시킬 수 있도록 하고 있다. 그림 1에서와 같이 최하위 단계의 Design assembly는 그 구성요소를 나타내는 Design part 들을 속성으로 가지게 되는 데, 이 Design part들이 구조물을 묘사하기 위한 실질적인 데이터를 표현한다. 그 밖에도 Design assembly는 Design part 들을 연결하기 위한 Connector, 설계 기준을 설명할 수 있는 Design riteria, 구조해석에 관련된 Analysis model 등에 대한 정보를 가진다.

Manufacture assembly는 Design assembly와 유사하지만 상위 단계의 Manufacture assembly가 하위 단계의 Manufacture assembly의 정보를 가지는 것이 아니라, 하위 단계의 Manufacture assembly가 자기가 속하는 상위 단계의 Manufacture assembly를 지칭하도록 구성되어 전체 구조물의 실제 시공과정을 묘사할 수 있는 Bottom up형태

의 모델구축을 가능케 한다. Manufacture assembly에는 Assembly connection이라는 엔티티가 존재하여 구조물의 각 요소들의 위치와 연결관계를 나타낼 수 있도록 되어 있다.

## 2.2 Part 42 (Geometric and Topological Representation)

Part 42는 3개의 스키마로 구성되어 기하학적 및 위상학적 표현을 제공하며, 각 스키마에는 엔티티들과 그 관계들이 주어져 있다. 비록 이들은 각 엔티티가 다른 엔티티의 속성으로 어떻게 사용되는지는 보여주지 못하지만 기하, 위상 및 기하학적 모델의 분류를 제공한다. 본 연구에서는 모델링된 부재의 3D 솔리드 데이터를 Part 42를 참조하여 생성토록 한다. Part 42를 구성하고 있는 3개의 스키마는 다음과 같다.

### 2.2.1 Geometric Schema

기하 스키마 자체의 기본적인 요소는 직교점과 방향이다. 이들은 2차원이나 3차원 공간상에서 위치와 방향을 제시하는 배치를 정의하는 데 사용되

며, 따라서 곡선과 곡면은 적절한 배치를 이용하여 위치가 결정된다. 엔티티들은 공통 수퍼타입 내에 있는 것을 포함한 다른 엔티티들을 정의하는 데 사용된다. 대부분의 기하 스키마내의 엔티티들은 연관된 매개변수화가 되어 있으며, 각 엔티티를 위한 표현은 잘못된 상황의 발생을 최소화하도록 선택되어 있다. 기하 스키마내의 주요 엔티티들은 배치(placement), 점(point), 벡터(vector), 직교변환 연산자(cartesian transformation operator), 방향(direction), 곡선(curve), 곡면(surface) 등이다.

### 2.2.2 Topological Schema

위상 스키마는 기하 스키마에서 생성된 데이터를 가지고 모서리나 셸 등의 위상정보를 표현하고 있다. 예를 들면 꼭지점(vertex)은 모서리(edge)를 형성하는 데 사용되고, 계속해서 모서리는 경로(path), 루프(loop), 면(face) 및 셸(shell)을 정의하는 데 사용된다. 이러한 위상 엔티티는 연결성이 근본적인 모든 정보를 정의하는 데 사용될 수 있다. 물체의 형상을 경계 표현으로 정의할 수 있도록 기하 엔티티는 위상 엔티티와 연결될 수 있으나, 이는 선택사항이다. 위상 스키마를 구성하는 주요 내용은 꼭지점(vertex)과 모서리(edge), 경로(path)와 루프(loop), 면(face)과 면 경계(face bound), 꼭지점 셸(vertex shell), 와이어 셸(wire shell), 연결 면 집합(connected face set), 연결 모서리 집합(connected edge set) 등이 있다.

### 2.2.3 Geometric Model Schema

기하학적 모델은 CSG(Constructive Solid Geometry)의 기본 형상, 솔리드 모델, 또는 불완전하게 정의된 모델 집합의 하나일 수 있다. 기하학적 모델 스키마의 주요 엔티티들은 셸 중심의 곡면 모델, 면 중심의 곡면 모델, 셸 중심의 와이어프레임 모델, 모서리 중심의 와이어프레임 모델, 기하학적 집합 등이 있다.

## 2.3 Part 104 (Finite Element Analysis)

Part 104는 AP 230과는 달리 하나의 독립적인 스키마가 아니라 STEP내에서 응용통합자원(Integrated-Application Resource)으로 유한요소해석

표 1 Part 104내의 스키마

Schema in Part 104	내 용
Structural response definition schema	FEA 모델에 대한 정의적 특징을 나타냄
Structural response representation schema	FEA 모델을 생성하기 위한 절점, 요소, 재료와 요소특성, 좌표계, 요소적분 등을 나타냄
Finite element analysis and result schema	유한요소해석을 위한 제어와 해석 후의 결과를 나타냄
FEA scalar vector tensor schema	유한요소해석의 입력과 결과를 나타내기 위한 scalar, vector, tensor를 나타냄

에 관련된 4개의 스키마로 구성되어 있다. 표 1은 Part 104내의 스키마들에 관한 설명을 나타낸다.

## 3. 통합시스템의 구현

### 3.1 구현개념

본 연구에서 응용 프로그램을 구현하기 위해 사용된 툴들을 살펴보면 표 2와 같다. ST-Developer은 StepTools사에서 개발한 STEP툴로 아직까지 공식적인 STEP의 파트 번호로 할당되지 않은 JAVA에 대해서 STEP 데이터를 생성하고 불러올 수 있도록 SDAI JAVA Binding과 JavaRose Binding을 제공하고 있다.<sup>2)</sup> 자바로즈 바인딩은 자바를 이용하여 STEP 데이터를 생성하는 방법 중의 하나로 EXPRESS<sup>8)</sup> 스키마를 컴파일하여 생성된 순수 JAVA 클래스에 대한 데이터 접근을 시도하는 SDAI JAVA Binding과 달리 ROSE C++ 라이브러리를 이용하는 방법이다.

본 연구에서 앞서 구현한 정보모델을 이용하여 구현하려고 하는 통합시스템의 구성은 그림 2와 같이 크게 세 개의 인터페이스로 구성된다.

표 2 응용 프로그램 구현 툴

내 용	구현 Tool
STEP Tool	ST-Developer
Program Language	JAVA (JDK)
Analysis Solver	Fortran Solver (3D Frame)
Graphic Library	JAVA Open-GL Library

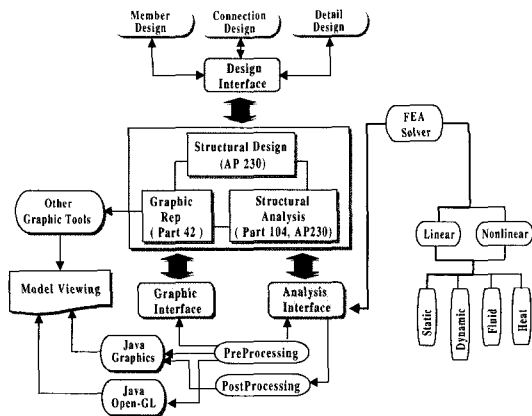


그림 2 통합시스템 구현 개념도

### 3.1.1 Graphic Interface

구조물의 3차원 기하 및 위상 정보를 나타내기 위한 부분으로 Graphic Interface를 이용하여 3차원의 그래픽 정보를 STEP의 Part 42에 따른 물리적 파일(physical file)로 저장한다(그림 3 참조).<sup>9)</sup> 이를 위하여 전처리기(Preprocessor)를 통하여 발생된 Input Data들 중에서 그래픽으로 모델을 표현하기 위한 데이터만을 전달받게 된다. 그래픽만을 위한 데이터는 본 연구에서 구현한 프로그램에서 볼 수 있도록 하기 위하여 자바 시스템(JAVA System)을 통하게 된다. 이 자바 시스템은 두 개의 모듈로 구성되는데, 첫 번째 모듈은 자바 자체의 그래픽 클래스를 이용한 자바 그래픽이고, 나머지는 자바의 3D Open-GL을 이용하는 모듈이다. 자바 그래픽에서는 해석을 위한 모델링 작업에서 발생되는 데이터들을, 즉 절점, 요소, 지점조건, 하중 등을 그래픽으로 표

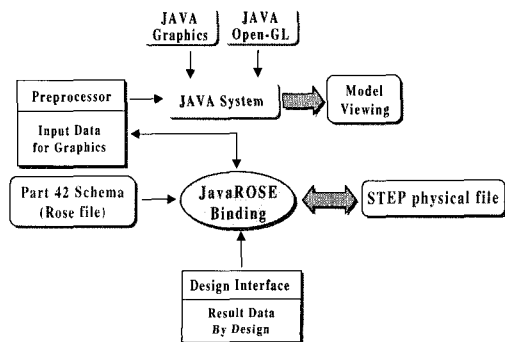


그림 3 Graphic interface 실행 개념도

현하고 있다. 자바의 3D Open-GL을 이용하는 모듈은 해석 모델링에 사용되는 데이터들 중에서 요소만의 데이터를 추출하여 3차원 솔리드 형태로 모델을 출력하게 된다. 그래픽을 위한 데이터는 또 다시 PART 42의 표준을 따르는 3차원 솔리드 데이터로 저장되기 위해 자바로즈 바인딩(JavaRose Binding)에 보내지게 된다.

그래픽 인터페이스에서는 구조설계 후 생성되는 접합부의 여러 데이터들, 예를 들면 볼트, 덧댐판 등에 대한 정보를 받아들여 최종적인 3차원 모델의 솔리드 데이터를 생성하게 된다.

### 3.1.2 Analysis Interface

해석 인터페이스는 구조해석에 관한 부분으로 전처리기를 통해 생성된 구조해석 데이터를 받아들여 Fortran Solver를 이용하기 위하여 데이터를 변환시키게 된다.

그런 후에 해석을 수행하게 되고, 해석 후의 데이터를 자바로즈 바인딩을 이용하게 STEP 물리적 파일로 저장하게 된다. 여기에서 AP 230과 PART 104의 스키마를 참조하여 데이터를 저장한다(그림 4 참조).

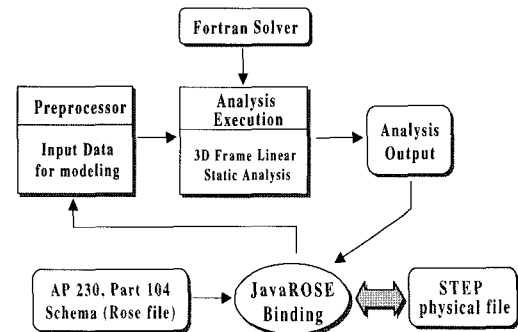


그림 4 Analysis interface 실행 개념도

### 3.1.3 Design Interface

설계 인터페이스는 그림 5와 같이 전처리기에서 생성된 데이터와 해석 인터페이스에서 생성된 데이터를 동시에 받아들이게 된다. 우선적으로 부재의 강도 체크를 수행하여 부재의 크기가 적당하지 않는 경우에는 다시 해석을 수행하도록 하고, 부재의 크기가 적당한 경우에는 바로 접합부 설계를 수행하게 된다. 접합부 설계는 앞에서 설명한 것처럼 본 연구에서는 단순히 브래킷 형태의 접합부를 설계하게 된다.

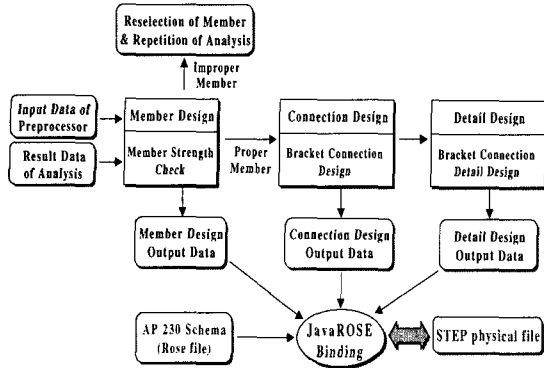


그림 5 Design interface 실행 개념도

접합부 설계를 끝마친 후 상세 설계도 수행하도록 되어 있다. 설계 인터페이스도 역시 각 단계에서 발생하는 데이터를 자바로즈 바인딩으로 보내게 되고, AP 230 스키마를 참조하여 STEP 물리적 파일을 생성하도록 되어 있다.

### 3.2 Design Assembly의 구성에

본 절에서는 AP 230내의 Design Assembly가 실제 건축구조물에 어떻게 적용되는 지에 설명한다. 모델은 1층의 간단한 프레임 구조로 되어 있고, 접합부 형식은 브라켓 타입이고, 기둥과 브라켓은 용접으로 결합되어 있다고 가정한다(그림 6참조). 그림 7은 그림 6에서 구성되고 있는 Design assembly의 세부구성을 나타내고 있으며 그림 8에서 그림 11까지는 각각의 하위 Design assembly의 구성을 상세히 나타내고 있다.

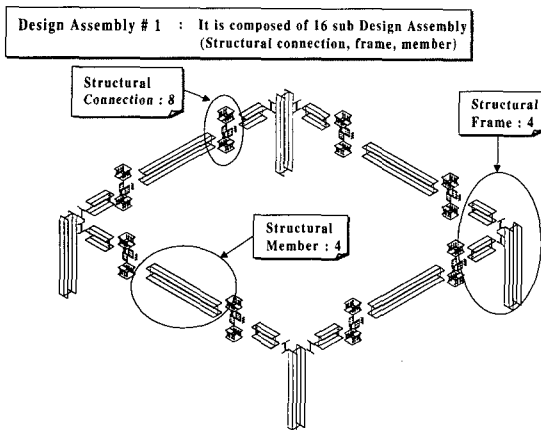


그림 6 Design assembly # 1

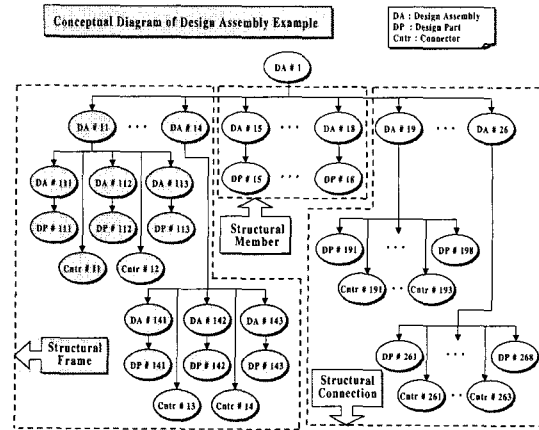


그림 7 제품모델의 세부구성도

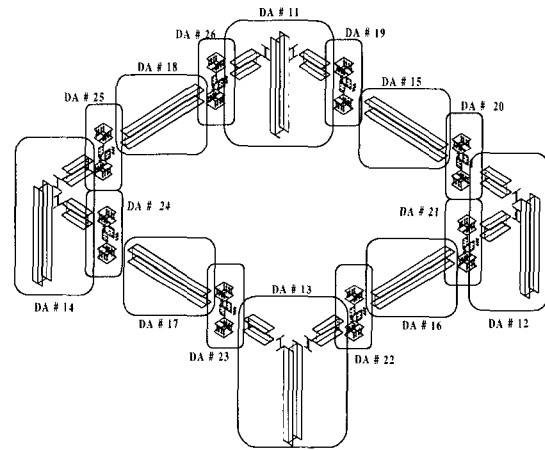


그림 8 DA # 1의 하위 Design assembly 구성

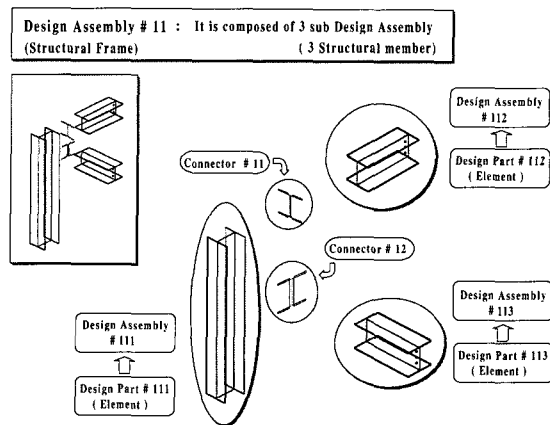


그림 9 DA # 11의 구성도

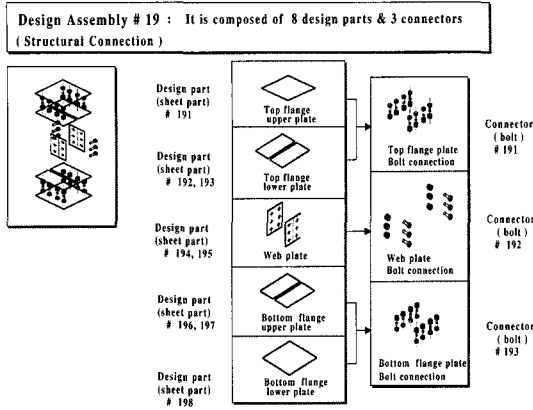


그림 10 DA # 19의 구성도

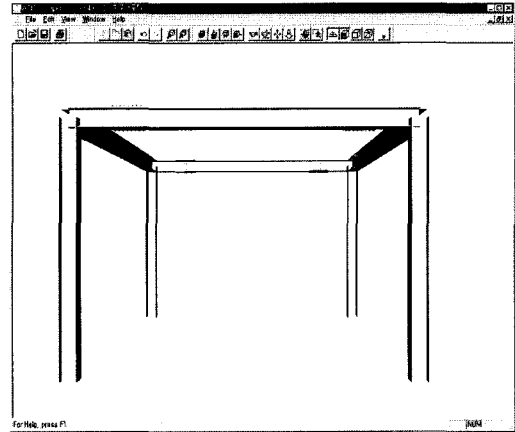


그림 12 ACIS viewer를 통한 모델 구현

**Design Assembly # 15 : It is composed of 1 design part (Structural Member)**

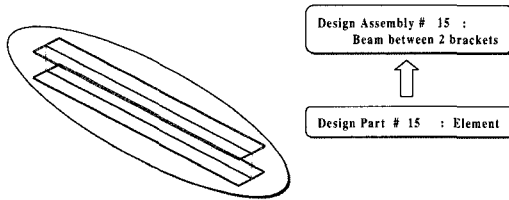


그림 11 DA # 15의 구성도

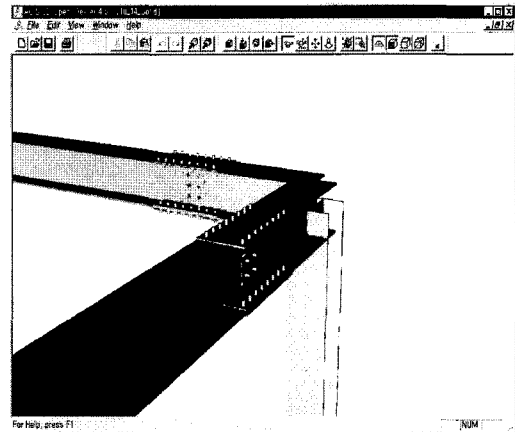


그림 13 ACIS viewer를 통한 부분 확대 모델

위의 그림 6부터 그림 11까지는 본 연구에서 하나의 예로 구현한 것으로 이러한 구성은 구조물의 특성이나 설계자나 시공자에 따라 다르게 구성될 수 있다.

### 3.3 프로그램의 실행예

본 프로그램을 수행하면 그 결과들은 AP 230, Part 104, Part 42에 입각한 데이터가 생성된다. 그림 12, 13은 Part 42에 따른 3D Solid 데이터를 ACIS Kernel로 변환한 후 ACIS Viewer를 통해 출력한 것이며, 그림 14는 응용 프로그램을 수행한 후 생성된 물리적 파일(Physical File)로서 STEP표준을 따르는 타 응용프로그램에서 읽어 들여 사용할 수 있다.

```
ISO-10303-21:
HEADER:
/* Exchange file generated using ST-DEVELOPER 1.6 */

FILE_DESCRIPTION(
/* description */(''),
/* implementation_level */('2:1'));

FILE_NAME(
/* name */('19_15_230'),
/* time_stamp */('1999-10-18T11:39:24+09:00'),
/* author */(''),
/* organization */(''),
/* preprocessor_version */('ST-DEVELOPER 1.6'),
/* originating_system */(''),
/* authorisation */(''));

FILE_SCHEMA (CAP 230):
ENDSEC;

DATA:
#10=SITE($,$,$,'site location 1',0,'This is an example site');
#11=PERSON('KYOUNG-IL',S,'LIM',S,$,$,$,'Graduate student in Dept of Architecture');
#12=ORGANIZATION('Architecture in UOU','UL-SAN UNIV',S,$);
#13=PERSON_AND_ORGANIZATION(#11,#12);
#17=STRUCTURE($,(#10),S,$,0,'structure no 1',#14);
.....
#408=CONNECTOR($, RIGID_PARTIAL_STRENGTH.#407.14,'connector label # 14');
#409=BOLT($, F10T M20,2.38,STANDARD_ITEM,S,3.14,0,0,S,0,S,2.15,0,0,S,hexagonal);
#410=NUT($,STANDARD_ITEM,NORMAL_STRENGTH,0,0,S,0,S,0,S);
.....
#1072=STRUC_MEMBER($,DEFINED,S,'DA # 26',S,$,S,LOW,S,F...F,S,$,(#1071),
0,STRUCTURAL_MEMBER,S,$,S,F,S,$,S,0,COMPRESSION,$);
#1073=DESIGN_ASSEMBLY($,DEFINED,S,'DA # 1',S,#17,S,LOW,S,T...T,S,$,
S,0,STRUCTURAL_FRAME,'Total Structure',S,(#452,#538,#627,#713,#802,#888,
#977,#1063,#539,#714,#889,#1064,#1066,#1068,#1070,#1072));
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
```

그림 14 AP 230에 따른 데이터 생성

#### 4. 결 론

건설분야에서 계획, 설계, 시공에 걸친 통합시스템의 개발에 관한 연구가 아직까지는 활발하게 이루어지지 않고 있으며, 그러한 움직임이 있다 하더라도 개별적으로 이루어져 있어 그 효율이 그다지 높지 않을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 이러한 실정을 감안하여 분산 독립적인 자동화보다는 전 세계적으로 산업 전반에 걸쳐 진행중인 STEP표준을 이용하여 철골구조물에 대한 통합시스템의 모델을 구축하고, 이를 바탕으로 실제 간단한 철골구조물에 적용시키는 응용프로그램을 구현하였다.

연구를 수행하면서 도출한 결론은 다음과 같다.

- (1) 통합 시스템을 구성하는 데 있어서 모든 부분을 직접 구현하지 않고 기존의 프로그램과 STEP에 따라 정보교환을 수행함으로써 전체 시스템 개발에 있어 시간과 비용의 절감을 꾀하였다.
- (2) STEP 표준을 이용하는 데 있어 Late Binding<sup>10)</sup> 형식을 취하고 있어 기존의 응용프로그램을 쉽게 이용할 수 있었다.
- (3) 본 연구에서 생성된 철골구조물의 정보는 설계에 관한 것뿐만 아니라 시공에 관한 정보도 포함하고 있어 그 확장이 가능하다.
- (4) 본 연구에서 발생된 많은 양의 객체별 데이터를 효율적으로 관리하기 위해서는 객체지향 데이터베이스시스템(ODBMS)과의 연동이 요구된다.<sup>11)</sup>
- (5) STEP을 이용한 통합시스템 개발은 어느 한 분야만의 노력으로 이루어지는 것이 아니라 건설 전 분야에서 이러한 연구가 활발히 진행되어 서로 연계되어야만 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. 권기억, "STEP 데이터표준을 이용한 유한요소

해석 시스템 개발", 석사학위논문, 중앙대학교 기계설계학과, 1998

2. 정연석, "STEP에 따른 철골구조물 접합부설계를 위한 제품모델의 구현", 석사학위논문, 울산대학교 건축학과, 1999
3. ISO 10303-230, "Application Protocol 230 : Building Structural Frame - Steelwork", 1995
4. STEP 연구회, 제품 모델 정보 교환을 위한 국제 표준(ISO 10303) STEP, 성안당, 1996
5. ISO 10303-42, "Integrated Generic Resources : Geometric and Topological Representation", 1994
6. ISO 10303-104, "Integrated Application Resources : Finite Element Analysis", 1995
7. Chang-Koon Choi, E-Doo Kim, "Top-down geometric modelling of buildings on network database", Department of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 1992.
8. ISO 10303-11, "Descriptions Methods : Express Language Reference Manual", 1997
9. ISO 10303-21, "Implementation Methods : Clear text encoding of the exchange structure", 1994
10. ISO 10303-22, "Implementation Methods : Standard data access interface specification", 1997
11. Ting-Kuo Peng, Amy J.C. Trapy, "A step toward STEP-compatible engineering data management : the data models of product structure and engineering changes", Department of Industrial Engineering, National Tsing Hua University, Taiwan, ROC, 1998

(접수일자 : 1999. 11. 24)