

# 철골구조물의 구조설계를 위한 STEP기반의 표준처리모델 개발

## Development of STEP-Based Standard Processing Model for Steel Structural Design

김이두\*            신상호\*\*  
Kim,E-Doo        Shin,Sang-ho

### ABSTRACT

This research presents a methodology for processing design provisions by representing the provisions and also by checking the conformance of design entities with the provisions via STEP information technology, which is considered as a canonical component for implementing CALS. The provisions of standards are represented in the form of EXPRESS schema including various entities, algorithms, global rules, and local rules, while the schema are managed on EXPRESS engine called EXPRESSO.

### 1. 서론

설계규준은 구조물의 설계 및 시공이나 시설물들의 안전, 품질, 기능성 등을 확보하기 위해 중요한 역할을 한다. 그러나 대부분의 설계규준은 상당량의 복잡한 정보를 포함하게 되므로, 엔지니어는 그 규준을 올바르게 이해하고 효율적으로 사용하기 위해서는 많은 경험을 지녀야하며, 설계의 적합성을 검토하거나 규준에 따라 설계하기 위해서는 많은 시간과 노력을 기울여야 한다.

이러한 설계규준들은 대상 구조물을 이루는 주요한 구성요소들에 대한 수십 년 간의 실무경험이나 실험 및 이론에 비롯한 것이기 때문에 상당량의 복잡한 정보를 포함하게 되므로, 엔지니어는 그 규준을 올바르게 이해하고 효율적으로 사용하기 위해서는 많은 지식을 지녀야 한다. 그리고 설계규준에 따라 구조물을 설계하거나 설계된 구조물이 주어진 설계규준에 적합한지를 검토하는 과정은 지루하고 힘든 작업이다.

그러나, 현재 Architecture/Engineering/Construction분야에서의 업무 자동화는 해석, 설계 및 도면제작 등에 한정되어 있으며, 설계규준에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 그리고 구조요소의 설계가 설계규준에 적합한지를 검토할 수 있는 몇 개의 구조설계시스템들이 있지만, 이러한 구현방법들은 다음과 같은 관점에서 유연성을 제공하지 못한다.

- 시스템을 개발할 때 선택된 하나의 특정 설계규준에만 따른다.
- 규준의 요구사항들을 프로그래머 언어로 번역하고 이를 컴파일 언어로 구현(hard-coded)한다.
- 설계결과가 특정한 규준에 적합한지를 보장하기 위하여 프로그램 개발자는 1) 만족되어야 할 요구사항들을 밝히고, 2) 이러한 요구사항들을 설계변수에 대한 제약조건으로 표현하며, 3) 이러한 요구조건들을 설계변수에 대한 배정문으로 재구성한 후, 4) 이러한 표현을 컴퓨터 코드로 구현한다.
- 설계자료의 관리가 개발자의 위주로 되어 있다.

본 연구는 위에서 제시한 기존 연구들의 단점을 해결하기 위해 CALS의 핵심으로 전 산업분야에서의 정보교환을 위한 표준으로 자리매김하고 있는 STEP의 정보기술을 이용하여, 설계대상이 되는 구조

\* 정회원 · 울산대학교 건축학과 교수

\*\* 울산대학교 건축학과 석사과정

물의 안전성을 선택되는 기준에 따라 검토할 수 있고, 구조물의 설계데이터에 대한 기준처리를 위하여 기준의 항목을 표현하고 이를 처리할 수 있는 기준처리모형을 개발하고자 하는데 그 목적이 있다.

## 2. 기준처리모델의 구성

### 2.1 기준에 대한 개요

기준의 기본적인 기능은 설계대상 요소가 적절한 수준의 성능을 확보할 수 있기 위하여 만족되어야 할 요구사항들을 기술하는 것이다. 이러한 요구사항들은 이전의 설계경험으로부터 유도된다. 설계경험이나 실험에 의한 연구결과로부터 많은 지식이 얻어질수록 적절한 성능의 정의와 그에 따른 설계기준은 더욱 더 세밀해진다. 설계기준은 사용되는 영역의 대상물체에 대한 일련의 요구사항들을 정의한다. 각 요구사항은 보통 수학적이거나 논리적인 표현식들로 표현된다. 이러한 요구사항들을 만족시키게 되면 물체의 거동과 그 물체의 모든 극한상태들 사이에서 적절한 안전성을 확보하게 된다.

설계기준은 적절한 성능을 기술하는 방식의 차이에서 다음과 같이 여러 가지로 분류된다.

- 성능기준(Performance Standards) : 이러한 종류의 기준은 대상 물체에 대한 적절한 성능의 최저 수준만을 기술하며, 성능을 평가하기 위한 어떤 절차도 제공하지 않는다.
- 절차기준(Procedural Standards): 허용될 수 있는 성능의 최저수준을 기술하며, 성능을 평가하기 위한 절차도 제공한다. AIS나 ACI처럼 구조요소들의 적절한 성능을 보장하기 위해서는 이러한 형태의 기준들이 대부분 사용된다.
- 처방기준(Prescriptive standards): 대상 물체에 대한 요구되는 특성을 기술하며, 이 기준들은 대상 물체의 양상이나 성능을 총체적으로 정의한다.

본 연구에서의 기준은 절차기준을 대상으로 하며, 이를 설계기준(design standard)이라 통칭한다.

설계기준은 적용대상이 되는 요소들의 거동한계를 묘사하는 여러 개의 장들과 절들, 각 절들은 조항들(provision)로 구성되며, 각 장은 대상 물체의 부류를, 각 조항은 대상물(a product)의 품질(quality), 기능(function), 성능(performance)나 과정(process)등을 규정한다. 여기서, 각 조항은 문장(sentence), 표(table), 도표(chart), 식(equation)등으로 표현된다. 그러므로 기준은 계층적인 구조로 되어있다. 즉, 기준의 루트(Root)는 기준의 일반적인 주제를 나타내며, 장(Chapter)은 대상물체의 부류에 관련되고, 각 절(Section & Subsection)은 해당 부류에 대한 개략적인 사항들 및 자세한 사항들을 기술하는 조항들로 구성된다.

### 2.2 기준처리모델의 구성개념

본 연구에서 개발하고자 하는 STEP의 정보기술을 이용한 철골구조물의 구조설계용 기준처리모델에 대한 개략적인 구성개념은 그림 1과 같다.

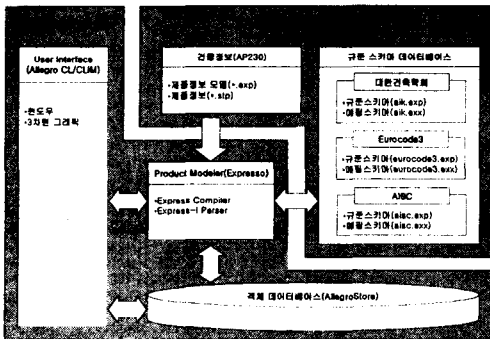


그림 1 기준처리기의 구성개념도  
없다는 단점을 극복할 수 있고, 또한 데이터 구조의 공유는 기준의 변화에 따라 객체를 적용해

이러한 기준처리의 과정은 다음과 같은 장점을 준다.

- 설계기준의 개정내용을 반영하기 위하여 기존의 응용프로그램을 수정해야하는 어려움을 극복할 수 있는 대안으로 STEP을 기반으로 한 기준처리는 기준의 개정내용을 스키마의 수정만으로 반영할 수 있어 언제든지 새로운 기준에 의해 기존의 설계데이터 및 새로운 설계데이터의 적합성 검토(Validation checking)를 가능하게 한다.
- STEP 표준을 사용함으로써 기준처리 방법에 있어 객체지향 방법이 가지고 있는 단점 중 하나인 객체가 여러 종류의 인스턴스를 가질 수

나갈 수 있다.

- 규준스키마데이터베이스에 새로운 규준을 추가할 수 있어 규준의 선택범위가 다양하다. 또한 규준이외에 설계자가 원하는 사항들을 기술하는 별도의 스키마를 추가함으로써 사용자가 설계변수를 자유롭게 제어할 수 있어 설계 결과에 대한 확신을 가질 수 있다.
- 철골구조물의 설계 및 규준 처리에 대한 원형을 구축함으로써 해석, 설계 및 규준 평가에 대한 일련의 통합을 위한 기틀을 마련할 수 있다.

### 2.3 규준처리시스템의 기능

본 연구에서는 미국표준국(NIST)에서 보급한 EXPRESS를 설계규준을 표현하고 처리할 수 있는 기본 시스템으로 활용하였다. 규준처리기의 주요 구성요소는 EXPRESS언어의 번역과 각 객체와 인스턴스들을 운영할 수 있는 Product Modeler, 클래스들과 인스턴스 들을 관리하고 전체시스템의 데이터교환 및 저장소 역할을 수행하는 객체 데이터베이스(Object Database), 그리고, 윈도우기반의 인터페이스로 정보의 입력이나 출력을 다루는 User Interface로 되었다.

각 규준에 따른 조항들과 그들의 구성관계를 표현하기 위한 EXPRESS 스키마와 CIS/2에 따른 건물정보를 철골규준이 표현된 스키마로 매핑하기 위한 EXPRESS-X 매핑스키마가 제공된다. 철골구조물의 설계검토에 적용될 대상 규준으로는 강구조 한계상태 설계기준 및 해설(대한건축학회 편)을 선정하였다. 규준의 각 조항 및 구성을 담은 규준스키마에는 정보모델링언어를 이용하였으며, 규준의 체계는 엔티티들간의 관계로 묘사되었으며, 각 조항의 내용은 EXPRESS의 구성체(Construct)인 엔티티(Entity), 전역적 규칙(Global Rule), 국부적 규칙(Local Rule), 함수(Function)와 프로시저(Procedure)등의 기능을 이용하였다.

## 3. 설계규준의 표현

### 3.1 규준지식의 표현과 적합성 검토

구조설계규준에 포함된 지식의 범주는 일반적으로 다음과 같이 3가지 분류된다.

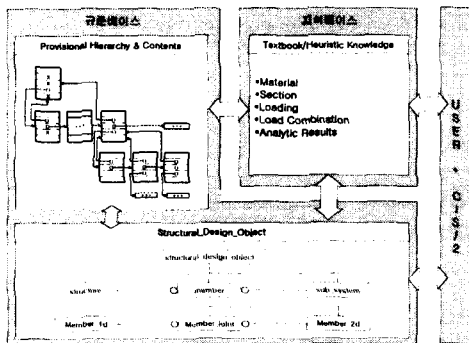


그림 2 규준스키마 구성개념도

- 규준조항의 내용 : 대상 설계요소의 거동을 제한하기 위한 지식으로 이는 규준의 각 조항들로 언급된다.
- 역학분야의 지식 : 설계규준에 포함되어 있지는 않으나 규준을 사용하고자 하는 자가 기본적으로 알고 있어야 하는 지식으로, 예를 들면, 역학공식, 구조요소의 특징, 재료성질, 단면성질, 하중 및 하중조합 등이 있다.
- 설계경험에 의한 지식 : 설계자의 구조설계의 경험으로부터 얻은 지식으로, 예를 들면, 대상 설계요소의 주요 거동을 결정하게 되는 지식 등이다.

이러한 규준지식의 분류에 따라 본 연구에서는 규준조항의 내용과 역학분야의 지식으로 설계규준을 표현한다.

규준자체의 내용을 기술하게 되는 전자는 규준베이스로, 규준에 무관한 일반적인 역학분야에 관한 지식인 후자는 지식베이스로 구현된다. 이러한 규준표현의 골격은 규준이 개정되더라도 다른 시스템에 상관없이 관리자가 규준베이스만을 수정할 수 있도록 한다(그림 2 참조).

본 연구에서는 설계규준의 조직과 조항들의 내용으로 구성되는 규준베이스, 그리고 지식베이스를 표현하기 위하여 객체지향프로그래밍을 이용하여 표현한다. 객체지향 프로그래밍기법은 그 개념상 객체(클래스, 속성과 메소드)의 구조화가 용이할 뿐만 아니라 객체상속의 특성을 가지고 있어 설계규준의 조직형태(Organization Aspect)와 설계요소의 분류(Classification)를 표현하기에 알맞은 자연스런 방법



### 3.2.2 구조설계요소(Structural Design Object)

설계규준의 범주내에서 다루어지는 설계요소들(전체구조물, 구조시스템, 구조부재, 접합부 등)과 그들의 관계를 표현한다. 각 설계요소는 해당하는 자료형의 인스턴스로 생성되어 관리되며, 그 자료형은 관련된 조항들을 찾는 데 사용된다. 각 인스턴스를 생성하기 위한 생성정보는 CIS/2로부터 매핑스키마를 통하여 전달되거나 사용자인터페이스를 통해 직접 입력이 가능하게 한다.

설계요소들간의 관계를 표현하기 위하여 물리적인 구성요소들의 소속관계는 part-of와 composed-by 속성으로 나타내고, 설계요소들이 공통적으로 참조하거나 고유하게 가지는 특성들은 나머지 속성들로 나타내었다. 본 연구에서는 설계요소의 세부설계를 위한 최소한의 정보만을 표현하되 가능한 한 기본 자료형으로만 묘사하여 어떤 스키마에도 종속되지 않고, 사용될 수 있게 하였다.

본 연구에서 정의한 철골구조물을 구성하는 주요 설계요소들은 전체구조물, 구조시스템, 구조부재(접합부, 1차원부재, 2차원부재)로 정의하였다.

### 3.3 지식베이스(Knowledge Base)의 구성

설계규준에서 직접적으로 언급을 하지는 않으나 해당 규준들을 보조해주는 역학분야에 관련한 지식으로, 구조물이나 구성요소의 속성(예를 들면, 역학공식, 구조요소의 특징, 재료성질, 단면성질, 하중표현등)이 있다. 본 연구에서는 구조요소에 관련한 거동특징이나 역학공식들은 구조설계요소에 구현하였으며, 본 절에서는 재료, 단면, 하중 및 하중조합 등에 대하여 언급한다. 이러한 내용들을 표현하기 위하여 EXPRESS언어의 기본적인 구성체만을 이용하여 특징적인 스키마에도 종속되지 않게 한다.

### 3.4 설계규준의 표현

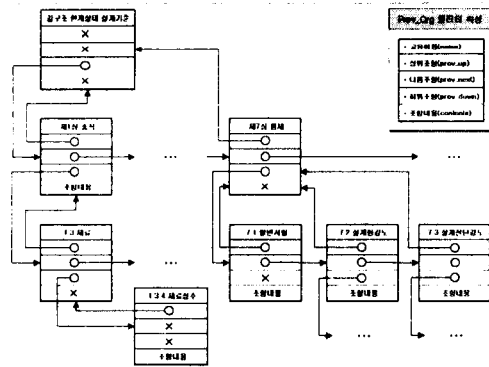


그림 4 '강구조 설계기준'의 조항체계구조

본 연구에서는 대상 구조설계기준으로 대한건축학회의 '강구조 한계상태 설계기준 및 해설(1998)'을 선택하였다. 설계요소로는 휨재(제7장)를 주된 객체로 한다.

본 연구에는 정의한 조항체계(Prov-Org), 조항내용(Prov-Cont), 그리고 데이터항목(DataItem)들로 강구조 설계규준을 묘사한 예를 들면 아래와 같다. 그림 4는 강구조 설계규준의 조항체계를 나타내기 위한 인스턴스들의 관계를 보여준다.

조항내용의 표현을 예로들기 위하여 강구조 설계기준 중 조항 '1.3.4 재료정수'항목을 기술하면 다음과 같다.

표 1.3.12 강재의 재료정수

재료	정수	탄성계수 $E_s(tf/cm^2)$	전단탄성계수 $G(tf/cm^2)$	포아송비 $\nu$	선행창계수 $\alpha(1/^\circ C)$
강재		2100	810	0.3	0.000012

이러한 규준의 항목을 표현하기 위해서는 표 1.3.12의 내용을 재료성질 엔티티의 인스턴스로 처리하고, 규준의 내용을 데이터항목과 조항내용으로 표현하였다. 이러한 조항내용은 조항체계에서 참조하게 된다.

```
#10 = Material("강재",2100,0.3,0.000012,$,$);
#11 = DataItem-Table("표 1.3.12 강재의 재료정수","재료성질",,$,$,#10);
#111= DataItem-Table("Es","탄성계수",(#11),"Material.E",,$);
#12 = Prov-Cont("구조용 강재의 탄성계수, 전단탄성계수, 포아송비 및 선행창계수 등의 재료정수는 강종 및 판 두께에 따라 표 1.3.12에 나타난 값으로 한다",(#111),,$);
#13 = Prov-Org("1.3.4 재료정수",,$,$,(#12),(#11));
```

## 4. 설계기준의 적용

### 4.1 대상설계요소

본 연구에서 기준의 적합성검토를 위해 보부재를 선택하였다. 설계요소의 모델을 구성하기 위하여 CIS/2에서 구축한 철골구조물의 데이터모델스키마인 LPM5에 따라 NIST EXPRESSO를 이용하여 STEP Physical file로 구성하였다. 그림 6은 해석과 설계 대상이 되는 형상표현을 보여주고 있으며, 그림 8은 구조해석모델을 나타내고 있다.

```
ISO-10303-21:
HEADER:
#1=REPRESENTATION('nodal points',(43,#4,#5),#2);
#2=(GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT(2)GLOBAL_UNIT_
ASSIGNED_CONTEXT((#1021)REPRESENTATION_CONTEXT
('context for nodal points','units for coordinates')));
#3=CARTESIAN_POINT('node point 1',(0,0,0));
#4=CARTESIAN_POINT('node point 2',(0,0,5000,0));
#5=CARTESIAN_POINT('node point 3',(0,0,10000,0));
#7=NODE('N1',#3,#32,#100);
#8=NODE('N2',#4,#33,#100);
#9=NODE('N3',#5,#33,#100);
....
#20=ELEMENT_NODE_CONNECTIVITY(1,'Start Node',#7,#13,$,#34);
#21=ELEMENT_NODE_CONNECTIVITY(2,'End Node',#8,#13,$,#34);
#22=ELEMENT_NODE_CONNECTIVITY(1,'Start Node',#8,#14,$,#34);
#23=ELEMENT_NODE_CONNECTIVITY(2,'End Node',#9,#14,$,#34);
...
ENDSEC:
END-ISO-10303-21:
```

그림 5. 수행예제를 위한 물리적 파일

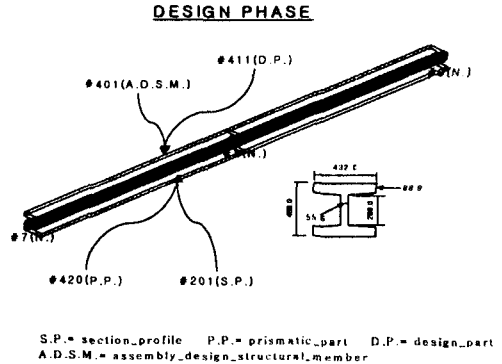


그림 6. 세부설계를 위한 형상표현

아래의 그림들은 구조해석단계에서 물리적파일의 개략적인 구성개념을 보여준다. 노드(Node)는 경계 조건(BC)을, 설계요소(Element\_Curve)는 단면형태(Section\_Profile)에 관한 정보를 갖고 있다. 노드와 설계요소와의 위상관계는 설계요소와 절점간의 상호관계를 갖는 엔티티(Element\_Node\_Connectivity)로 묘사된다. 구조해석결과(Analysis\_Result)는 이 엔티티에 대한 정보를 갖는다. 이러한 인스턴스들로 구성된 구조해석모델과 관련 인스턴스들간의 번호는 아래 그림들과 같다.

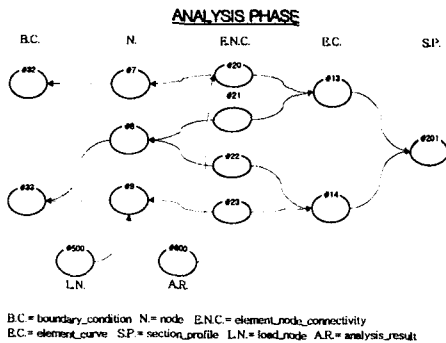


그림 7. 해석모델을 위한 구조모델개념

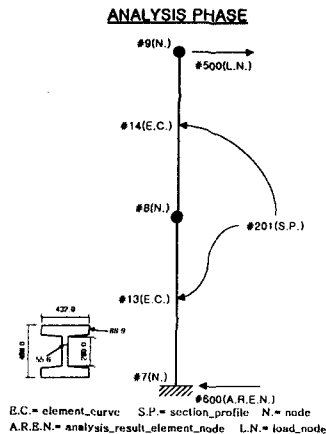


그림 8. 구조해석모델

### 4.2 구조정보의 매핑

위의 구조설계정보로부터 기준스키마로 매핑하기 위하여 그림 9와 같은 매핑개념이 정의되어 실행되었다.

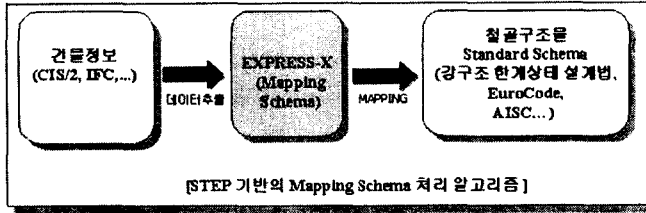


그림 9 Mapping Schema 처리 과정

그림 10은 Mapping Schema의 정의에 따라 규준스키마로 맵핑된 물리적 파일을 보여주고 있다.

```
ISO-10303-21:
HEADER:
FILE_DESCRIPTION(($,'2:1'):
FILE_NAME(
...
FILE_SCHEMA('structural_design_provision'));
ENDSEC:
DATA:
#1=VECTOR($,0.0.0.0.0.0.0);
#2=VECTOR($,0.0.5000.0.0.0);
...
#11=MEMBER_JOINT('N1',$,$,$,$,$,#1,$,$,$);
#12=MEMBER_JOINT('N2',$,$,$,$,$,#2,$,$,$);
#13=MEMBER_JOINT('N3',$,$,$,$,$,#3,$,$,$);
#21=MEMBER_1D('E1',$,$,$,$,$,#11,#12),#31,#41,$,$,$,$,$,#51);
...
#31=MATERIAL($,21000000,0.3,$,3.3000,120.0);
#41=H_SECTION('Plastic',432.0,498.0,55.6,88.9,$,$,$,$,$,$,$,$);
#51=FORCE(10.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0);
...
```

그림 10. Mapping Schema에 따라 생성된 물리적 파일

#### 4.3 적합성검토(Express-Engine)

그림 11은 강구조 설계기준에 의해 현재 설계요소의 극한 전단력이 단면의 공칭내력보다 작아 만족이 된다. 다른 경우에 위반되었을 경우의 검토화면은 다음과 같다.

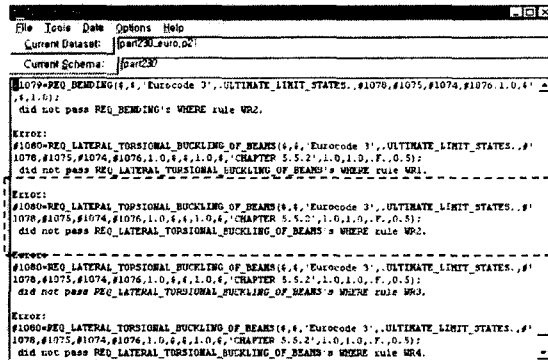


그림 11. Expresso V3.0.0의 적합성 검토결과 화면

### 5. 결론

본 연구에서는 STEP의 정보기술을 이용하여 철골구조물의 구조설계용 규준처리모델을 개발하였다. 본 연구를 통한 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 설계기준이 개정되더라도 규준처리시스템은 수정을 요하지 않으며, 해당 규준을 표현하는 스키마의 수정만 요구된다. 따라서 언제든지 새로운 규준에 의해 기존의 설계데이터 및 새로운 설계데이터의 적합성 검토를 가능하게 한다.

- (2) 설계규준은 규준처리모델에서 사용하기 위하여 한번만 컴퓨터상에서 코딩된다. 이런 코딩과정에서 전문가로 하여금 규준조항들을 정확하게 해설하게 함으로써 규준해석에 대한 오류를 방지할 수 있고, 따라서 모든 설계프로그램들에서 사용될 수 있다.
- (3) 설계자는 새로운 규준을 규준스키마 데이터베이스에 추가할 수 있으며, 또한 규준이외에 설계자가 원하는 사항들을 기술하는 별도의 스키마를 추가함으로써 설계변수를 자유롭게 제어할 수 있어 설계 결과에 대한 확신을 가질 수 있다.
- (4) 규준이 명시적으로 표현되므로 설계자는 어떤 요구사항이 중요하고 고려되어야 하는 지를 기술할 수 있어 설계규준을 효율적으로 사용할 수 있다.
- (5) 규준처리시스템은 특정한 규준과 상관없이 수행되므로, 다른 설계용 응용프로그램과 설계규준을 연계시키는데 이용될 수 있다.
- (6) 철골구조물의 설계 및 규준 처리에 대한 원형을 구축함으로써 해석, 설계 및 규준 평가에 대한 일련의 통합을 위한 기틀을 마련할 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R052001000013230) 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

1. 대한건축학회, 강구조 한계상태 설계기준 및 해설, 1998, p249
2. STEP 연구회, 제품 모델 정보 교환을 위한 국제 표준 (ISO 10303) STEP, 성안당, 1996. p176
3. The Steel Construction Institute, CIMsteel Integration Standards, Release 2 Volume 4 -The Logical Product Model(LPM/5), 2000, p902
4. 임경일, "STEP을 이용한 철골구조물의 구조해석 및 설계 통합시스템 개발에 관한 연구", 석사학위논문, 울산대학교 건축학과, 1999, p69
5. 고동현, "STEP기반의 철골보 설계규준 처리에 관한 연구", 석사학위논문, 울산대학교 건축학과, 2001, p42
6. Han Kiliccote, "A Standards Processing Framework", PhD thesis, Dept. of Civ. Engrg., Carnegie Mellon University, 1997, p304
7. Nobuyoshi Yabuki, Kincho H.Law, "An Object-Logic Model for the Representation and Processing of Design Standards, Engineering with Computers, 1993, pp.133-159
8. M. Maher Hakim and James H. Garrett,Jr, "A Descriptin Logic Approach for Representing Engineering Desing Standards, Engineering with Computers, 1993, pp.108-124
9. M. Maher Hakim and James H. Garrett Jr, "An object-centered approach for modelling engineering design products: Combining description logic and object-oriented modelling, Artificial Intellingence for Engineering Desing, Analysis and Manufacturing, 1997, p187-198
10. Han Kiliccote and James H. Garrett Jr, " Standards Usage Language(SUL)", Journal of Compuing in Civil Engineering, Vol. 15, No.2, 2001