

초고층건물의 통합구조설계시스템에서 STEP 엔티티 개발

STEP Entities in Integrated Design System for Tall Buildings

송 화 철*
Song, Hwa-cheol

조 용 수**
Cho, Yong-soo

김 수 환***
Kim, Soo-hwan

요 약

초고층건물의 구조설계 정보에는 설계작업 프로세스 모델, 설계정보 전산모델, 기본설계 프로그램 및 설계 도서생성 프로그램 개발 등 여러 가지 특성화된 부분으로 구성되어 있다. 기존의 구조 설계정보는 통합적으로 관리되는 기능이 없기 때문에 건설 정보 교환에 대한 공유가 제대로 이루어지지 않고 있다. 이러한 설계정보의 데이터 수정 및 공유를 합리적으로 처리하기 위해서 통합설계에 대한 필요성이 증가하고 있다. 또한, 초고층 구조설계에서는 건설정보의 표준화가 이루어진 후 합리적인 정보 교환을 위해서도 통합설계의 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 초고층건물의 구조설계를 위하여 STEP을 이용한 초고층 구조설계의 개념을 소개하고 초고층건물의 구조설계 방법에 대한 질량 엔티티 및 기둥축소량 엔티티, 사용성평가 엔티티를 제안하고자 한다.

Abstract

The planning process of complex projects in tall building is characterized by the cooperation of many involved specialists and by a high degree of information exchange. In order to improve the quality of the structural design of tall buildings, information of different involved partners in the planning process has to be integrated.

This paper aims to introduce a concept of the integrated structural design for the tall building using STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data). In this study, the entities of mass, column shortening, and serviceability evaluation for structural design in tall buildings are proposed.

키워드 : 스텝, 초고층 건물, 통합구조설계, 매스, 기둥축소량, 사용성평가, 엔티티, 익스프레스, 익스프레스지

Keywords : STEP, Tall Building, Integrated Structure Design, Mass, Column Shortening, Serviceability Evaluation, Entity, Express, Express-G

1. 서 론

기존의 초고층건물의 통합구조설계에 대한 연구는 설계 작업 프로세스 모델, 설계정보 전산모델, 기본설계 프로그램 및 설계 도서생성 프로그램 개발을 중심으로 이루어졌으며, 구조 설계정보를 통합적으로 관리하기 위한 기능이 없다. 또한 건설 정보 교환에 대한 공유가 이루어지지 않아, 데이터의 수정 및 보완시간이 많이 소비되는 문제점이 나타난다. 이에 국내

에서도 1996년 '건설 전 과정에서 발생하는 정보를 통합, 관리하는 건설 정보 통합 전산망을 구성, 운영할 수 있도록 한다.' 라는 조항을 건설 기술 기본법에 명시하게 되었다.¹⁾ 건설 정보의 공유가 이루어지기 위해서는 건설 정보의 표준화가 선행되어야 한다. 이와 관련된 핵심적인 기술이 국제 표준화 기구인 ISO(International Standard Organization)에서 제정하고 있는 STEP(Standard for the Exchange of Product model Data)기술이다.²⁾

국내에서 이루어진 연구로는 AP230을 이용한 범용 시스템 간의 데이터 교환에 관한 연구³⁾와 철골구조에 관한 연구⁴⁾가 수행되었으며, STEP을 이용한 부유식 해양건축물의 설계⁵⁾에 관한 연구가 이루어졌다.

본 연구에서는 초고층구조물 통합설계용 STEP

* 정회원, 한국해양대학교 해양공간건축학부 부교수

Tel : 051-410-4582 Fax : 051-403-8841

E-mail : song@mail.hhu.ac.kr

** 한국해양대학교 해양건축공학과 공학박사과정

*** 한국해양대학교 해양건축공학과 공학석사과정

엔티티 개발을 위한 국내의 STEP기술에 대한 사례 조사를 하고, 구조물의 동적해석, 초고층구조물의 기동축소량 및 사용성평가가 부분에 대한 STEP 기술을 제안하여 시스템간의 공유를 원활히 할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

2. 구조물의 설계정보 공유를 위한 STEP

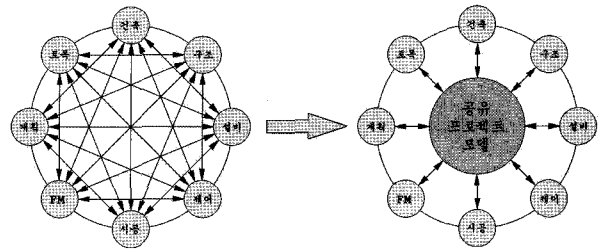
2.1 STEP기술의 개요

STEP기술은 기존의 임시방편적이고 불완전한 자료 교환 및 공유 표준들(IGES, DXF, DWG 등)을 대체할 수 있는 이상적인 정보교환 및 공유 표준으로서, 정보의 재활용성을 증가시키고 소프트웨어, 하드웨어에 대하여 독립적인 표준이다. 또한, 특정 시스템에 종속됨이 없이 제품데이터, 즉 제품의 생산에 관계되는 데이터를 컴퓨터가 인식 가능한 형태로 표현하고 교환하기 위한 국제 표준으로, 그 목적이 제품의 전 생명주기(Life cycle)에 걸쳐서 제품 데이터를 표현할 수 있는 중립적인 메커니즘을 제공하는 것이다.

STEP기술은 정보의 표현방법, 구현방법, 통합 정보 자원, 각 산업에 관련된 응용 프로토콜(Application Protocol) 등의 파트(Part)로 구성되어 있으며, 건축 분야에서 사용하는 프로토콜은 다음과 같다.

- ① AP221 : Functional Data and its Schematic Representations for Process Plant
- ② AP225 : Building Elements Using Explicit Shape Representations
- ③ AP227 : Plant Spatial Arrangement
- ④ AP228 : Building Services : Heating, Ventilation & Air Conditioning
- ⑤ AP230 : Building Structural Frame Steelwork
- ⑥ AP231 : Process Engineering Data Process Design/ Process Specification of Major Equipment

<그림 1>은 건설분야에서 이루어지는 분야를 나타낸 것으로 왼편의 그림은 현재 건설분야에서 나타나는 공유의 형태를 보여준다. 일반적으로 건설분야는 여러 가지의 시스템이 복합적인 상호작용에 의해서 업무가 이루어지고 있으나 이들의 공유형태는 1:1상호 교환방식에 의해서만 이루어지고 있는



<그림 1> STEP (Neutral Format)

실정이다. 하지만, 오른쪽의 그림과 같이 건설 분야에 대한 표준적인 공유형태를 가진 모델이 있다면 각 분야의 업무간에 효율뿐만 아니라 시간과 경제성을 동시에 높일 수 있는 구조로 개선할 수 있다.

2.2 STEP기술의 현황

2.2.1 철골 구조물과 관련된 프로토콜 AP230

ISO 10303에서 제정한 AP230은 Structural Steel Frame과 관련된 파트로서 제품정보 교환을 위한 요구조건을 만족시키기 위한 통합자원 사용을 정의하고 있다. AP230은 4개의 부분으로 나누어지는데 DEP1:해석(Analysis), DEP2:부재설계(Member Design), DEP3:접합부 설계(Connection Design), DEP4:도면작성(Detail Steelwork)으로 분류된다. AP230은 철골구조물의 해석 및 설계를 위한 모든 정보를 단위객체인 엔티티로 표현하고 있으며, 부분프로세스인 각각의 DEP는 이들 엔티티로 구성된다. 철골구조물의 구조 해석에 필요한 입력 자료는 DEP1에서 정의되어 있다. 모든 DEP에 공동으로 적용되는 엔티티로는 STRUCTURE(구조 시스템명), MATERIAL(재료특성), SECTION_PROFILE(단면명), SECTION_PROPERTIES(단면특성), POINT(점 좌표) 등이 있으며, DEP1에는 <표 1>

<표 1> Analysis Entity (DEP1)

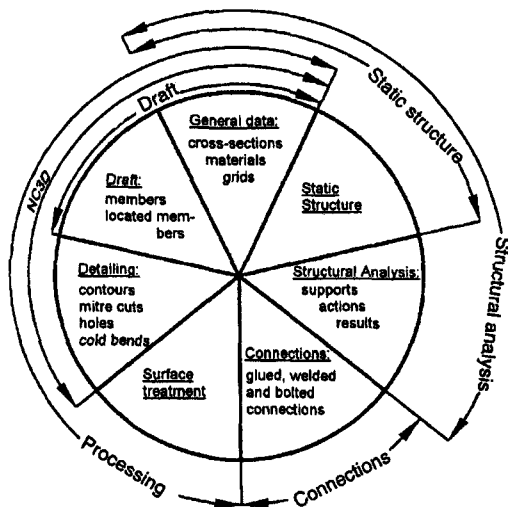
엔티티	내용
Analysis	구조해석 종류 (정적, 동적, 탄성, 비탄성, 비선형등)
Analysis_Model	구조시스템 (3차원 프레임, 트러스 등)
Element	부재
ELT_Node_Connectivity	부재절점
Node	절점
Boundary_Condition	지점조건
Release	절점자유도

과 같은 엔티티가 정의되어 있다.

2.2.2 PSS기술

STEP기술을 활발하게 연구 개발하고 있는 독일에서는 Product Interface Steel Construction (PSS Produktschnittstelle Stahlbau) 모델을 개발하였다. PSS 모델은 독일 철골 구조협회(DSTV Deutscher Stahlbau-Verband)⁶⁾에 의해 구조물의 디자인, 치수 등 골조 공사를 시행하는 분야에서 구조물의 데이터를 상세하게 표현하기 위해 개발되었다. 즉, PSS 모델은 독일에서 구조물의 구조해석과 CAD의 소프트웨어 중 중요한 부분을 차지하고 있으며, 이미 실무에서도 많이 적용되어지고 있다.

<그림 2>는 현재 PSS 모델과 관련된 전반적인 영역을 나타낸다. 그림에서 보듯이 Draft는 부재 및 부재의 위치, General data의 경우는 부재의 단면과 재료 성질 등을 나타내고 있으며, 이를 Draft라는 실행영역으로 표현하고 있다. 또한 NC3D 영역으로 확장되면서 용접과 관련한 세부사항이 추가되게 된다. NC3D 영역에 Surface treatment 영역이 포함되면서 Processing이라는 실행영역으로 나타난다. 구조물 제작시 필요한 이음(Connection)과 구조물의 해석에 관한 영역들이 포함되어 있다. 이러한 Item 들은 철골구조물의 시공영역에서 다루어진다. 하지만, PSS 모델에서는 정적해석에 국한된다는 단점이 있다.



<그림 2> PSS 모델의 범위와 실행영역의 분할

2.3 STEP 모델링기법

설계프로세스를 분석하고 나서 생성정보를 제품모델로 구축하기 위해서는 ISO-10303 Part 11의 Express어를 이용하여 엔티티를 정의하거나 Express-G를 이용하여 다이어그램으로 표현한다. 그 다음 Express언어로 정의된 엔티티들을 ISO-10303 Part 21에서 규정한 문법사항에 따라 물리적 파일로 매핑하여 STEP파일로 생성하게 된다.

Express언어는 엔티티-속성-관계(Entity-Attribute-Relationship) 모델에 기초한 모델링언어로서 STEP에서 개발되는 모든 응용프로토콜은 Express로 표현한다. 그리고 이러한 표현방법을 그래픽으로 표현한 것이 Express-G이며, Express의 공식적인 그래픽의 표현방법으로서 사용자간의 의사전달에 사용된다.

물리적 STEP 파일은 텍스트 형태이며, ISO-10303 Part21에 정의된 문법사항에 따라 구성된다. STEP 파일은 파일이름, 파일설명 등을 표현하는 'HEADER' 장(section)과 구조해석과 설계를 위한 모든 데이터가 저장되어 있는 'DATA' 장으로 이루어져 있다.

3. STEP 엔티티 정의

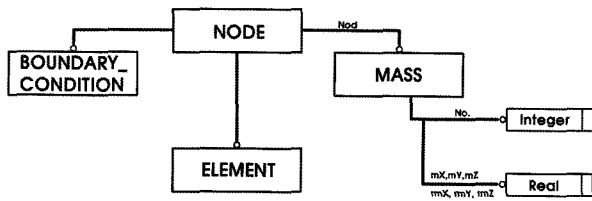
3.1 동적해석에 필요한 Mass의 STEP 엔티티

2장에서 설명한 AP230과 PSS는 탄성해석만을 지원하였기에 동적해석을 위해서는 먼저 Mass에 대한 엔티티의 정의가 필요하다.

<표 2>에는 절점의 Mass에 대한 엔티티가 정의

<표 2> Entity definition by Express (Mass)

ENTITY Mass;	No : 번호
No : OPTIONAL INTEGER;	
mX : OPTIONAL REAL;	mX : x축 방향의 집중질량
mY : OPTIONAL REAL;	mY : y축 방향의 집중질량
mZ : OPTIONAL REAL;	mZ : z축 방향의 집중질량
rmX : OPTIONAL REAL;	rmX : x축 회전방향의 회전집중질량
rmY : OPTIONAL REAL;	rmY : y축 회전방향의 회전집중질량
rmZ : OPTIONAL REAL;	rmZ : z축 회전방향의 회전집중질량
Nod : OPTIONAL Node;	Nod : 절점번호
END_ENTITY;	



<그림 3> Express-G (Mass)

되어있다. Mass는 집중질량(lumped Mass)으로 정의되며 x, y, z축 방향의 집중질량과 x, y, z축 회전 방향의 회전집중질량으로 나타내어진다.

<그림 3>은 <표 2>를 Express-G로 표현한 예이다.

3.2 기둥축소량 해석을 위한 STEP 엔티티

초고층 건물에서 부등축소량의 영향은 기둥과 코어를 연결하는 보와 슬래브에서의 부가응력을 유발하거나 파티션과 커튼월의 균열과 같은 문제를 유발하기도 한다. 따라서 이러한 부등축소량의 영향은 구조안전성과 사용성의 관점에서 시간변화에 따른 초고층 건물 기둥축소량의 정확한 예측이 필요하다.

기둥축소량에 영향을 주는 이러한 요인들에 대한 엔티티를 정의하기 위해서 기둥축소량해석 프로그램에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서는 PCA (Portland Cement Association)에서 제안하는 알고리즘을 적용하여 개발된 CSA(Column Shortening Analysis) 프로그램⁷⁾을 대상으로 STEP 엔티티를 생성하였다.

CSA 프로그램의 입력정보를 분석하여 기둥축소량해석에 필요한 엔티티는 <표 3~7>에 나타내었다. <표 3>에 작성된 엔티티는 기둥축소량의 해석부재에 대한 기본정보인 건물의 층에 대한 정보와 건물 높이가 정의되며, <표 4>에는 기둥축소량해석에 영향을 미치는 콘크리트의 실험강도, 특정크리프계수, 극한건조수축계수등에 대한 정보가 정의된다.

<표 5>에는 기둥축소량에 영향을 미치는 하중에 대한 정보로서 하중종류와 하중값 그리고 하중이 적용되는 건물층의 정보가 포함되며, 기둥축소량에 영향을 미치는 요인 중 일반적인 사항이 되는 상대습도와 목표시점(Target day)이 <표 6>에 나와 있다. 또한 <표 7>에는 기둥축소량을 예측하는 부재에 대한 철근의 개수와 종류에 대한 내용이 나타나 있다.

<그림 4>는 <표 3~7>을 Express-G로 표현한 예

이다. 그림에서 보듯이 구조물 해석시 기존에 정의되어 있는 Cross_Section, Material, Element 엔티티를 최대한 활용하며, 기둥축소량 해석을 위해서 추가적으로 정의된 5개 엔티티들이 데이터를 중복하여 저장하지 않도록 하였다.

<표 8>에는 기둥축소량 해석과 관련된 물리적

<표 3> Entity definition by Express (CS_Element)

ENTITY CS_Element;	
No : OPTIONAL INTEGER;	번호
Fn : STRING;	건물층 이름
Fh : OPTIONAL REAL;	건물층 높이
Ele : Element;	부재번호
Mat : CS_material;	축소량재료번호
Reb : Rebar;	철근번호
Gen : CS_General; END_ENTITY;	축소량일반사항번호

<표 4> Entity definition by Express (CS_Material)

ENTITY CS_Material;	
No : OPTIONAL INTEGER;	번호
E : OPTIONAL REAL;	콘크리트 실험강도
Cr : OPTIONAL REAL;	특정크리프
Ds : OPTIONAL REAL;	극한건조수축
END_ENTITY;	

<표 5> Entity definition by Express (CS_Load)

ENTITY CS_Load;	
No : OPTIONAL INTEGER;	번호
Fn : STRING;	건물층 이름
Typ : load_typ;	하중종류(DD, LL etc.)
Ls : OPTIONAL REAL;	하중값
T : OPTIONAL INTEGER;	재하시점
Ele : CS_Element;	축소량부재번호
END_ENTITY;	

<표 6> Entity definition by Express (CS_General)

ENTITY CS_General;	
Rh : OPTIONAL REAL;	상대습도
T : OPTIONAL INTEGER;	목표시점(Target day)
END_ENTITY;	

<표 7> Entity definition by Express (Rebar)

ENTITY Rebar;	
No : OPTIONAL INTEGER;	번호
Typ : STRING;	철근종류
Nu : OPTIONAL INTEGER;	철근개수
END_ENTITY;	

<표 9> Entity definition by Express (Sbuilding_Factor)

ENTITY SBUILDING_Factor; H : OPTIONAL REAL; W : OPTIONAL REAL; D : OPTIONAL REAL; nW : OPTIONAL REAL; nD : OPTIONAL REAL; βW : OPTIONAL REAL; βD : OPTIONAL REAL; ρB : OPTIONAL REAL; V : OPTIONAL REAL; END_ENTITY;	건물높이 건물폭 건물춤 폭방향 고유주파수 춤방향 고유주파수 폭방향 감쇠정수 춤방향 감쇠정수 평균건물밀도 설계풍속
--	--

<표 11> Entity definition by Express (Alongwind_NBCC)

ENTITY ALONGWIND_NBCC; Cr : STRING; C : OPTIONAL REAL; s : OPTIONAL REAL; F : OPTIONAL REAL; q : OPTIONAL REAL; gp : OPTIONAL REAL; SBF : SBUILDING_Factor; SWF : SWIND_Factor; END_ENTITY;	규준 풍압계수 규모감소계수 가스트 에너지 비 기준속도압 최대계수 건물계수번호 풍하중계수번호
--	---

<표 10> Entity definition by Express (Swind_Factor)

ENTITY SWIND_Factor; Ce : STRING; α : OPTIONAL REAL; K : OPTIONAL REAL; END_ENTITY;	노풍도 고도분포지수 조도계수
--	-----------------------

<표 12> Entity definition by Express (Acrosswind_NBCC)

ENTITY ACROSSWIND_NBCC; Cr : STRING; VH : OPTIONAL REAL; gp : OPTIONAL REAL; SBF : SBUILDING_Factor; END_ENTITY;	규준 최상층 풍속 최대계수 건물계수번호
---	--------------------------------

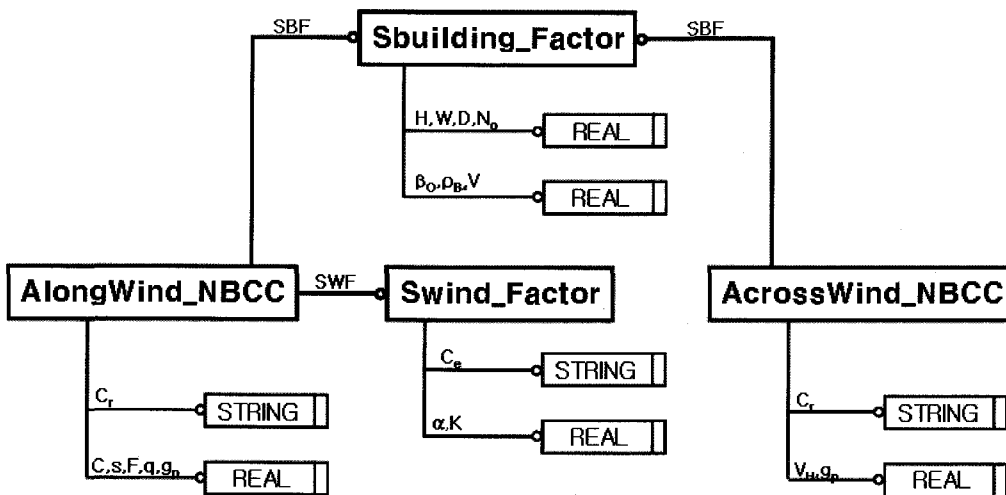
도, 설계풍속에 대한 엔티티를 나타내었으며, 이는 ALONGWIND_NBCC와 ACROSSWIND_NBCC의 엔티티 정의에 대하여 영향을 미친다. <표 10>에서는 건물의 위치에 따른 노풍도와 그에 따른 계수이며, 하위 엔티티의 값을 구하는 조건이 된다. <표 11>에서는 풍방향에 대하여 사용성평가를 캐나다의 NBCC1995의 규준을 정의한 것이며, <표 12>는 풍직각방향에 대한 사용성평가를 NBCC1995 규준을 엔티티로 정의한 것이다. <그림 5>는 사용성평가를

EXPRESS-G로 나타낸 예이다.

본 연구에서의 적용 초고층 건물은 최고높이 240m이며, 평면치수는 50m×50m이다. 고유주기는 0.125Hz, 감쇠정수는 0.01, 건물평균밀도는 195kg/m³이며, 노풍도는 B지역, 설계풍속은 26.4m/s이다.

앞에서 정의한 엔티티를 적용한 물리적 파일은 다음의 <표 13>과 같다.

SBUILDING_Factor에서의 값들은 적용예제에서 주어진 건물 높이 240m, 건물폭과 건물춤 각각 50m, 고유주파



<그림 5> Express-G(Serviceability Evaluation)

<표 13> Physical file(Serviceability)

```

ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(($,$,));
FILE_NAME('Serviceability Evaluation','2006-03-10T4
:10:35+9:00','(Yong-Soo)'('KoreaMaritime University
,Korea),$,$,$,');
FILE_SCHEMA(('Serviceability Evaluation'));
ENDSEC;
DATA;
#1=SBUILDING_Factor(240,50,50,0.125,0.125,0.01,0.01,195,26.4);
#2=SWIND_Factor('B',0.5,0.1);
#3=ALONGWIND_NBCC('NBCC1995',0.00065,0.14,0.36,
0.453,3.6,#1,#2);
#4=ACROSSWIND_NBCC('NBCC1995',38.8,3.6,#1);
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;

```

수 0.125Hz, 감쇠정수 0.01이며, 건물평균밀도 195kg/m³, 설계풍속 26.4m/s의 순서대로 입력되어 있다.

SWIND_Factor의 내용은 적용 예제가 건설되는 위치에 따른 노풍도 B와 고도분포지수 0.5, 조도계수 0.1의 값이다.

ALONGWIND_NBCC는 풍방향가속도에 대한 표준인 NBCC 1995와 풍압계수 0.00065, 규모감소 계수 0.14, 가스트 에너지비 0.36, 기준속도압 0.453, 최대계수 3.6에 대한 값이며, #1은 SBUILDING_Factor와 연결되는 건물계수번호이며, #2는 SWIND_Factor와 연결되는 풍하중계수번호이다.

ACROSSWIND_NBCC에서는 최상층 풍속 38.8m/s, 최대계수 3.6에 대한 값이다. 또한 #1은 SBUILDING_Factor와 연결되는 건물계수번호이다.

4. 결 론

본 연구에서는 STEP을 이용한 초고층 통합구조설계기법의 구축을 위하여 국내외 STEP기술에 대한 사례조사를 하고, 구조물의 동적해석, 초고층구조물의 기동축소량 및 사용성평가 부분에 대한 STEP 기술을 제안하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 본 연구에서는 STEP을 이용한 초고층 통합구조설계기법의 구축을 위하여 ISO 10303 AP230, PSS 등의 STEP기술에 대한 사례조사를 하였으며, 국내 실정에 맞는 재료 및 구조재의 정보를 적용하였다.
- (2) 동적해석에 필요한 Mass에 대한 엔티티를 제안하였으

며, 초고층건물에만 적용되는 기동축소량해석 및 풍응답가속도해석에 필요한 STEP 엔티티를 정의하여 시스템간의 공유를 원활히 할 수 있는 방법을 제시하였다.

- (3) 기동축소량 해석을 위해 제안된 5개 엔티티에는 재료물성치, 상대습도 및 목표시점, 건물층에 대한 정보, 부재에 작용하는 하중, 철근에 대한 정보가 정의되었으며, 기존에 정의되어 있는 부재단면, 재료, 부재엔티티를 최대한 활용하고 추가적으로 정의된 엔티티와 데이터의 중복성이 생기지 않도록 하였다.
- (4) 초고층건물의 사용성평가를 위해서 풍응답가속도해석이 필요하며, 풍방향 및 풍직각방향 응답을 계산하기 위한 건물계수, 풍하중정보에 대한 엔티티, 그리고 본 연구에서 적용한 캐나다규준에 대한 엔티티를 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 “건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산C04-01)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김인한, 이현수. “건설 CALS 체계 구축을 위한 STEP 기술 적용계획에 관한 연구”, 대한건축학회논문집(구조계), 제16권 제10호, 2000.
2. STEP 연구회. “제품 모델 정보 교환을 위한 국제표준(ISO10130) STEP”, 성안당, 1996.
3. 최현문, 천진호, 신동철, 이병해. “STEP을 이용한 범용 시스템 간의 데이터 교환에 관한 연구”. 대한건축학회논문집(구조계), 제20권 제2호, 2000.
4. 최인석, 김이두. “구조해석 및 설계에 관한 국제표준모델의 정보운용”, 대한건축학회논문집(구조계), 제24권 제2호, 2004.
5. 송화철, “STEP을 이용한 해양건축물의 통합구조설계기법”, 한국항만학회학술 발표논문, 제14권 제1호, 2000.
6. Hans-Walter Haller. “Ein Produktmodell für den Stahlbau”, 1994.
7. 송화철, 유은중, 정석창, 주영규, 박칠림. “초고층 콘크리트 건물의 기동축소량 효과”, 대한건축학회 논문집, 제13권 12호, 통권 110호, 1997. 12.