

구조설계 CAD 시스템 개발을 위한 시스템 설계정보의 표현

Representation of System Design Information for Developing Computer-Aided Structural Design System

이 창 호*
Lee, Chang-Ho

요 지

지난 수 십년 간 컴퓨터는 구조설계에 있어서 그 이용이 증가하고 있다. 구조설계를 위한 컴퓨터 시스템을 개발하기 위해서는 먼저 구조설계에 관련된 정보와 작업을 정형화한 표현이 필요하다. 본 논문은 구조설계에서 설계정보와 설계작업의 이해와 표현이 어려운 분야의 하나인 시스템설계에 대하여 논하고 있으며, 빌딩 프레임구조물의 시스템 설계정보를 표현하는 한 방법을 기술하고있다. 3차원 공간을 표시하기 위하여 기준평면과 그리드 라인을 정의하였으며, 빌딩 프레임구조물의 시스템을 프레임 서브시스템, 플로어 서브시스템, 시스템요소 기둥의 세 종류의 요소로 분해하였다. 시스템요소 기둥은 프레임의 요소가 아니고, 시스템의 요소이다. 시스템 설계정보를 표현하기위한 이와 같은 방법을 개체형 통합설계모델의 표기법을 이용하여 표시하였다. 개체형 통합설계모델은 설계정보와 설계작업을 표현하기 위하여 각각 프로덕트 개체와 프로세스 개체를 이용한다. 시스템 설계정보를 위하여 본 논문에서 정의한 프로덕트 개체들은 정형화된 시스템 설계정보를 표현하는데, 이것은 구조설계 CAD 시스템 개발에 유용하다.

핵심용어 : CAD, 구조설계, 빌딩 프레임구조물, 시스템설계, 설계정보, 설계모델, 개체

Abstract

The use of computers for structural design has been expanded for decades. An initial step for developing computer system for structural design is formal description of information and activities involved in design. This paper discusses the system design of structures whose information and activities are not easily understood and therefore not well described. One way of representing system design information for building frame structures is described. Reference planes and grid lines are defined to represent the three-dimensional building space. The system for a building frame structure is decomposed into three types of components: frame subsystem, floor subsystem, and column-COS (column as component of system). A column-COS is not a component of a frame subsystem, but is a component of the system. These and other concepts for representing system design information are formally represented using the notation for entity-based integrated design models. An entity-based integrated design model uses product and process entities to describe design information and activities, respectively. Product entities defined for the system design information provide formal description of the system design information, which is useful for developing computer-aided structural design systems.

Keywords : computer-aided design, structural design, building frame structures, system design, design information, design model, entity

* 정회원·한양대학교 초대학 구조시스템 연구센터, 연구조교수

• 이 논문에 대한 토론을 1999년 3월 31일까지 본 학회에 보내주시면 1999년 6월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

건축물의 구조설계는 시스템설계로부터 보와 기둥 등의 기본부재의 설계에 이르기까지 여러 계층으로 구성되어 있다. 시스템설계의 경우 주어진 설계조건에 따른 적절한 시스템을 선택하는 과정이 포함되어 있고, 기본부재설계에서는 주어진 하중 등의 조건을 만족하는 부재를 결정해야 한다. 이러한 구조설계의 과정 중에서 구조해석과 기본부재설계 등의 여러 부분이 컴퓨터를 통해서 신속히 효율적으로 처리되고 있다. 그러나 시스템설계와 같은 부분은 아직까지도 컴퓨터로 처리하기 어려운 부분이다. 그 주요한 이유의 하나는 시스템설계에 관련된 설계정보 (design information)의 표현이 정확화 되어있지 않기 때문이다. 본 논문은 구조설계 CAD 시스템 (computer-aided structural design system)의 개발을 위해 건축물의 시스템설계에 관련된 설계정보를 정형화하는 한 방법을 다루었다.

건축물의 시스템설계에 관련된 설계정보는 컴퓨터 프로그래밍언어나 그래픽소프트웨어 등을 이용하여 나타낼 수 있다. 그러나 구조 설계 전체과정의 일부로서 다른 부분과 통합되어 하나의 구조설계 CAD 시스템을 이루어야 그 효용성이 높아진다. 설계의 전체과정을 일관된 형식으로 표현하여 컴퓨터 시스템구축을 위한 기초작업으로 연구되고 있는 것으로서 설계모델 (design model)^{1)~7)}이 있다. 본 논문에서는 이러한 설계모델의 하나인 개체형 통합설계모델 (entity-based integrated design product and process model)^{8)~11)}을 이용하여 시스템설계에 관련한 설계정보를 표현하였다. 시스템 설계정보를 표현하기 위하여 개체형 통합설계모델을 이용한 이전의 연구^{12), 13)}도 있으나 주로 시스템 설계정보의 개념을 소개하는 정도였고, 여기서는 구체적으로 그 표현방법을 설명하였다.

개체형 통합설계모델은 설계에 포함된 설계정보와 설계작업을 프로덕트 개체 (product entity)와 프로세스 개체 (process entity)를 이용하여 표시한다. 여기서 프로덕트 개체는 설계정보를

표시하고, 프로세스 개체는 설계작업을 표시한다. 하나의 통합설계모델은 수많은 프로덕트 개체와 프로세스 개체를 포함하는데, 개체들 사이에는 여러 관계 (relationship)가 존재한다. 이러한 관계로는 구성관계 (organizational relationship), 상호관계 (interaction relationship), 순서관계 (sequence relationship) 등이 있다⁹⁾. 구성관계는 프로덕트 개체와 프로세스 개체의 조직적인 구성을 의미하고, 상호관계는 프로덕트 개체로 표시되는 설계정보간의 상호의존성을 말하며, 순서관계는 프로세스 개체로 표시되는 설계작업이 진행되는 순서를 나타낸다. 세 가지 관계 중에서 구성관계 내에서 프로덕트 개체를 나타내는 표기법을 이용하여 시스템설계와 관련된 설계정보를 표현하였다.

본 논문에서 대상으로 다룬 건축물은 빌딩 프레임구조물 (building frame structure)로서 수직의 프레임 (frame)과 수평의 플로어 (floor) 등으로 이루어진 기본형태를 갖는 철골 구조물이고, 구조 벽체는 포함하지 않는다. 프레임으로는 단순 프레임 (simple frame), 브레이스 프레임 (braced frame), 모멘트저항 프레임 (moment resisting frame)을 고려하였다. 보와 기둥의 위치는 수직, 수평의 그리드 라인 (grid line)을 이용하여 표시할 수 있다. 이러한 형태의 구조형식에서 시스템설계에 관련된 설계정보를 시스템 설계문제와 시스템요소 배치의 두 가지로 구분하여 취급하였다. 시스템 설계문제는 구조설계초기에 주어지는 설계조건 들을 말한다. 건축가에 의해서 주어지는 기하학적인 제한조건 들과 구조설계에 필요한 하중의 두 종류를 고려하였다. 시스템요소 배치는 시스템을 구성하는 프레임 서브시스템 (frame subsystem), 플로어 서브시스템 (floor subsystem) 등의 요소의 위치를 말한다. 시스템요소 배치가 정해지면 구조설계의 다음 과정은 서브시스템의 설계로 이동되어 진행될 수 있다. 이와 같이 시스템 설계문제와 시스템요소 배치의 두 가지로 제한된 시스템 설계정보의 정형화한 표현을 기술하였다.

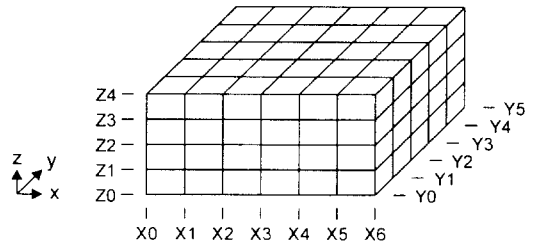
2. 시스템 설계문제

빌딩 프레임구조물의 시스템 설계문제는 빌딩 프레임구조물의 시스템 구조설계를 위하여 설계 초기에 주어지는 여러 조건들을 가리킨다. 빌딩 프레임구조물의 시스템 설계문제를 표현하는 한 방법을 개체형 통합설계모델을 이용하여 표현하였다. 그리고 이 표현방법을 시스템 설계문제의 한 예에 대하여 적용하여서 설명하였다. 해당되는 그림에서 영어로 나타난 용어 중에서 많은 부분이 영어권에서 다른 연구자들에 의하여 개발된 것이고, 본문에서는 그림과 비교하여 알아보기 쉽도록 그림에 나타난 영문 용어를 번역하지 않고 그대로 적었다.

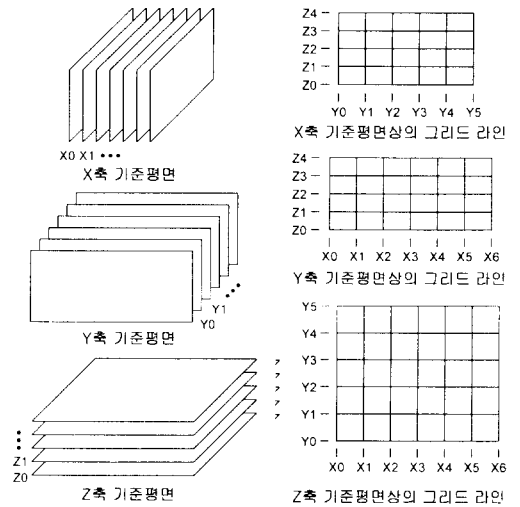
2.1 시스템 설계문제를 위한 모델

빌딩 프레임구조물의 시스템 설계문제 정보를 표현하기 위하여 우선 빌딩 프레임구조물의 3차원 공간을 표현해야 한다. 본 논문에서는 이 3차원 공간을 기준평면(reference plane)을 이용하여 구분하였다(그림 1(a)). X축 기준평면, Y축 기준평면, Z축 기준평면 들이 그림 1(b)에 나타나있다. 두 개의 기준평면이 만날 때, 그리드 라인(grid line)이 생긴다. 따라서 각각의 기준평면은 여러 개의 그리드 라인을 갖는다(그림 1(c)).

시스템 설계정보를 기준평면 상에 표현할 때 일부의 평면부분은 건축적으로 투명(transparent)하고, 다른 평면부분은 건축적으로 불투명(opaque)하다¹⁰⁾. 건축적으로 불투명한 부분으로는 벽, 플로어, 지붕 등이 있다. 이러한 투명/불투명 조건은 구조설계에 영향을 미친다. 구조적으로 평면부분은 투명한 부분과 불투명한 부분으로 나눌 수 있다. 수직 평면의 경우 단순 프레임 부분(simple framing region)과 모멘트저항 프레임 부분(moment resisting framing region)은 투명하고, 브레이스 프레임 부분(braced framing region)은 불투명하다. 구조적으로 투명한 수직 평면부분은 벽을 배치하여 건축적으로 불투명한 부분으로 만들 수 있다. 그러나, 구조적으로 불투명한 평면부분은 건축적으로 투명하게 만들 수 없다. 따라



(a) 기준평면에 의한 공간의 분할



(b) 기준평면 (c) 기준평면상의 그리드 라인

그림 1 기준평면과 그리드 라인

서 같이 건축적으로 투명한 부분에는 단순 프레임과 모멘트저항 프레임을 배치할 수 있고, 불투명한 부분에는 단순 프레임, 브레이스 프레임, 모멘트저항 프레임을 모두 배치할 수 있다. 수평 평면부분의 경우는, 건축적으로 불투명한 부분은 구조적으로 반드시 불투명해야 한다.

시스템 설계문제를 구성하는 한 방법을 개체형 통합설계모델의 표기법^{10), 11)}을 이용하여 표현하였는데, 구체적인 경우에 대한 사항은 설계문제를 통하여 설명할 것이고 여기서는 일반적인 경우에 대하여 설명하였다. 하나의 개체형 통합설계모델은 여러 개의 프로덕트 개체와 프로세스 개체들을 포함한다. 프로덕트 개체는 설계정보를

표현하고, 프로세스 개체는 설계작업을 표현한다. 그림 2는 빌딩 프레임구조물의 시스템 설계문제를 표현하기 위한 프로덕트 개체군(product entity category)을 나타낸다. 여기서 개체군(entity category)이란 여러 가지 개체(entity)가 생성될 수 있는 군(category)을 말한다. 그림에서 사각형으로 표시된 것들이 프로덕트 개체군이다. 각 개체군의 이름은 사각형 안에 있다. 예를 들어 system problem은 하나의 프로덕트 개체군으로, 시스템설계를 위한 설계조건 들을 나타낸다. 각 개체군의 속성(attribute)은 사각형 아래 수평선과 함께 나열하였다. system problem 개체군은 building configuration 속성과 system problem in plan 속성 등을 포함하고 있다. 상하한 쌍의 점은 속성이 생략되었음을 의미한다. 단일 속성이 단일 값을 갖는(single-valued) 속성이면 수평선의 끝이 흰색 원이 되고, 속성이 복

수 값을 갖는(multiple-valued) 속성이면 수평선의 끝이 검은색 원이 된다. 속성의 종류표시는 괄호 속에 있다. "B"는 기본 속성(base attribute)을 의미하며, "DI," "DE"는 내부유도 속성(internally derived attribute), 외부유도 속성(externally derived attribute)을 의미한다. "DVA"는 숫자와 같은 자료적 속성(data-valued attribute)을 의미하며, "OEVA"는 세분화된 다른 개체를 가리키는 객체적 속성(object entity-valued attribute)을 의미한다. 속성의 값(value)의 형태는 모난 괄호([])에 표시하였다.

system problem 개체군은 빌딩 프레임구조물의 시스템 설계문제의 정보를 표현한다. 시스템 설계문제 개체군은 다섯 개의 속성들을 포함한다. building configuration 속성은 빌딩에 대한 일반 설계정보를 표시한다. system problem in plan 속성은 평면(plan)에 나타난 시스템 설계문제를 표현한다. system problem at x-axis reference plane 속성, system problem at y-axis reference plane 속성, system problem at z-axis reference plane 속성들은 각각 X축 기준평면, Y축 기준평면, Z축 기준평면에서의 시스템 설계문제 정보를 표현한다. 이 세 속성들(내부유도 속성, DI attribute)이 표시하는 모든 정보는 system problem in plan 속성이 표시하는 정보로부터 유도된다.

system problem 개체군의 각 속성의 값은 다른 세분화된 개체군을 나타내고, 이 세분화된 개체군의 속성의 값들은 더 세분화된 개체군을 나타낸다. 예를 들면, system problem 개체군의 building configuration 속성의 값은 building configuration 개체군을 가리킨다. building configuration 개체군의 reference planes 속성의 값은 reference plane 개체군을 가리킨다. reference plane 개체군의 orientation 속성과 distance 속성(자료적 속성, DVA attribute)의 값은 문자(String)와 숫자(NUMBER)가 된다. 같은 방법으로 system problem 개체군의 system problem in plan 속성의 값은 system problem in plan 개체군을 가리킨다. system problem 개

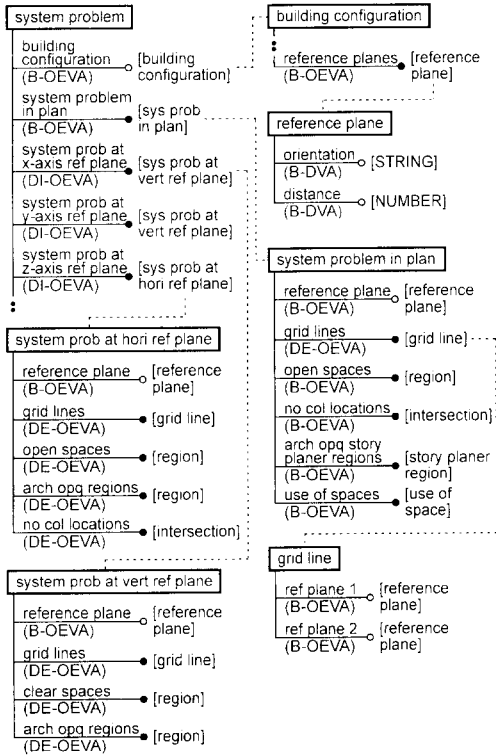


그림 2 시스템 설계문제를 위한 프로덕트 개체군

체군의 grid lines 속성의 값은 grid line 개체군을 가리킨다. grid line 개체군의 reference plane 1 속성과 reference plane 2 속성의 값은 reference plane 개체군이 된다. reference plane 개체군은 그림에서 여러 가지 속성들의 값이 됨을 볼 수 있다.

building configuration 개체군은 reference planes 속성(복수 값을 갖는 속성, multiple-valued attribute)을 포함하는데, 이는 주어진 빌딩의 3차원 공간을 표시하는데 필요한 모든 기준평면 들을 나타낸다. system problem in plan 개체군은 여러 개의 속성을 갖고 있다. reference plane 속성(단일 값을 갖는 속성, single-valued attribute)은 해당 평면(plan)이 위치한 기준평면을 나타낸다. grid lines 속성은 해당 기준평면 상에 존재하는 grid line 들을 가리킨다. 이 grid line 속성(외부 유도속성, DE attribute)의 값들은 reference plane 속성의 값이 정해지면 building configuration 개체군내의 reference plane 들로부터 자동적으로 유도 될 수 있다. open spaces, no column locations, architecturally opaque story planner regions 속성들은 시스템설계에 대한 기하학적인 설계조건 들이다. use of spaces 속성은 공간의 용도를 말하는 것으로서 플로어의 적재하중을 계산할 때 이용된다. system problem at vertical reference plane 개체군은 system problem at x-axis reference plane 속성과 system problem at y-axis reference plane 속성의 값이다. system problem at horizontal reference plane 개체군은 system problem at z-axis reference plane 속성의 값이다. system problem at vertical reference plane 개체군과 system problem at horizontal reference plane 개체군의 대부분의 속성은 외부 유도속성(DE attribute)으로서 그 값들은 system problem in plan 개체군 내부에서 유도될 수 있다.

2. 2 시스템 설계문제의 예

그림 3은 4층의 빌딩 프레임구조물에 대하여 건축계획으로부터 요구된 설계문제의 예이다. 건

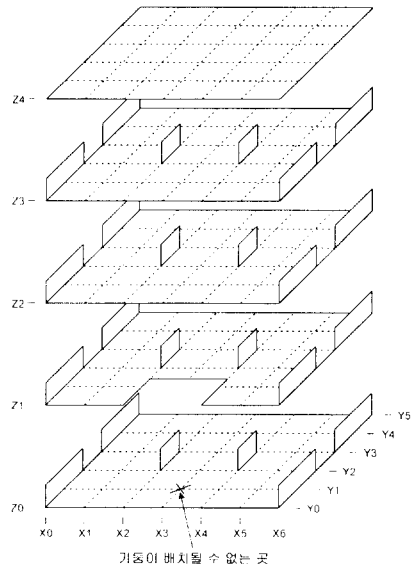
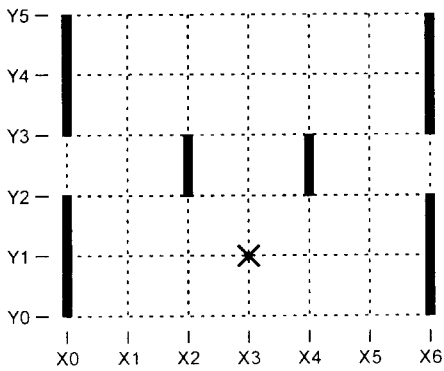


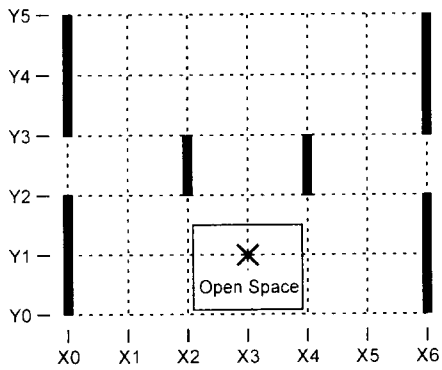
그림 3 시스템 설계문제 (건축적으로 불투명한 평면부분)

축적으로 불투명한 평면부분과 기둥이 없어야 할 곳이 나타나있다. 그림에서 4개 층과 지붕이 각각 분리되어 일정한 간격을 두고 나타나있다. 그림에서 1층은 Z0 기준평면에 있고, 2층은 Z1 기준평면에 있으며, 3층, 4층, 지붕은 각각 Z2, Z3, Z4 기준평면에 있다. 각 기준평면에는 X0, Y0 등의 그리드 라인이 있다. 각 층은 6개의 건축적으로 불투명한 수직평면부분을 포함하고 있다. 그리드 라인들이 교차되는 곳에는 기둥이 세워질 수 있지만, 1층의 한 곳은 기둥이 없어야 한다. 2층은 오픈 스페이스(open space)를 포함하는데, 이 곳에는 바닥부분이 없다.

그림 3에 나타나 있는 시스템 설계문제를 그림 4에서 평면(plan)에 표시하였다. 그림 4(a)와 그림 4(b)는 1층 평면과 2층 평면을 나타내고 있고, 다른 층의 평면도 같은 방법으로 나타낼 수 있다. 평면에서 그리드 라인은 점선으로 표시하였다. 굵은 선으로 표시된 부분은 해당 층에서 건축적으로 불투명한 수직평면부분을 가리킨다. 이러한 평면부분에는 구조적으로 투명 또는 불투명한 평면부분을 배치할 수 있다. 즉, 단순 프레



(a) 1층 평면 (Z0 기준평면)



(b) 2층 평면 (Z1 기준평면)

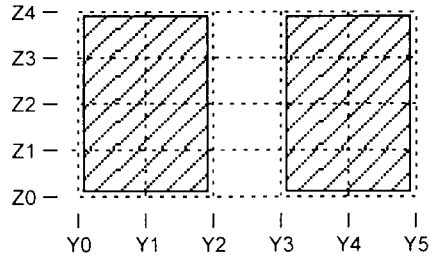
- 건축적으로 불투명한 수직평면부분
- X 기동이 배치될 수 없는 곳

그림 4 평면에서의 시스템 설계문제

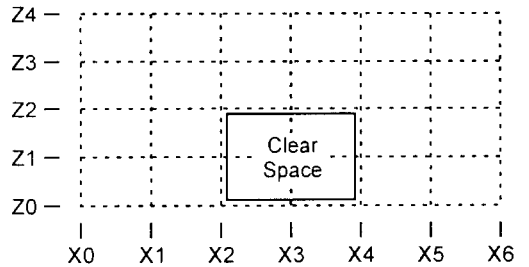
입, 브레이스 프레임, 모멘트저항 프레임 등을 배치할 수 있다. 그리드 라인이 교차되는 곳 중에서 기동이 배치될 수 없는 곳은 "X"로 표시하였다. 1층에 기동이 배치될 수 없는 부분이 한 곳이 있다(그림 4(a)). 2층에는 오픈 스페이스(open space)가 표시되어 있고, 기동이 배치될 수 없는 부분이 한 곳이 있다(그림 4(b)).

그림 4에서 표시된 시스템 설계문제는 X축 기준평면, Y축 기준평면, Z축 기준평면 상에 표시할 수 있다. 그림 5는 일부의 기준평면 상에 표

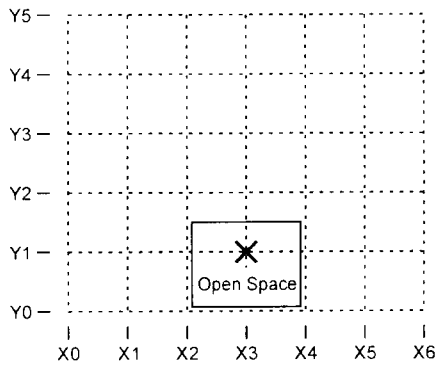
시된 시스템 설계문제로서 그림 4로부터 유도된 것들이다. 그림 5(a)는 X0 기준평면에서의 설계문제를 나타내는데 건축적으로 불투명한 부분이 표시되어있다. 그림 5(b)의 Y1 기준평면에서는



(a) X0 기준평면



(b) Y1 기준평면



(c) Z1 기준평면

- 건축적으로 불투명한 수직평면부분
- X 기동이 배치될 수 없는 곳

그림 5 기준평면에서의 시스템 설계문제

클리어 스페이스 (clear space)가 표시되어 있고, 그림 5(c)의 Z1 기준평면에서는 오픈 스페이스 (open space)가 표시되어 있다.

그림 3, 그림 4, 그림 5에 나타난 시스템 설계 문제의 예를 개체형 통합설계모델을 이용하여 나타낸 것이 그림 6에 나타나 있다. 그림 6은 시스템 설계문제를 위한 프로덕트 개체들을 표시하는데, 모서리가 둥근 사각형들이 프로덕트 개체들이다. 이 개체들은 그림 2의 개체군으로부터 생성된 것이다. 예를 들어, 그림 2의 system problem 개체군으로부터 그림 6의 system problem 개체가 생성된다.

그림 6에서 building configuration 개체의 reference planes 속성의 값들은 reference plane X0, reference plane Y0 등의 많은 개체들인데, 이것은 그림 3의 모든 기준 평면을 나타낸다. system problem 개체의 system problem in 1st floor plan 개체, system problem in 2nd floor plan 개체 등인데, 이 개체들은 모두 그림 2의 system problem in plan 개체군으로부터 온 것이다. system problem in 1st floor plan 개체는 그림 4(a)의 1층 평면의 설계문제 정보를 표현한다. 1층 평면이 Z0 기준평면에 위치하였으므로 reference plane 속성의 값이 reference plane Z0 이다. system problem in 2nd floor plan 개체는 그림 4(b)의 2층 평면의 설계문제 정보를 표현한다. 2층 평면에는 하나의 오픈 스페이스 (open space)가 있으므로 open space 속성의 값이 하나 있다.

그림 6에서 system problem 개체의 system problem at x-axis reference plane 속성의 값들은 여러 개의 개체를 포함한다. system problem at X0 reference plane 개체는 그림 5(a)에 나타난 X0 기준평면 상에서의 설계문제를 표현한다. 그림 5(a)에서 두 개의 건축적으로 불투명한 부분이 있으므로, 그림 6에서 system problem at X0 reference plane 개체의 architecturally opaque regions 속성의 값이 두 개가 있다. 같은 방법으로 그림 6의 system problem at Y1 ref-

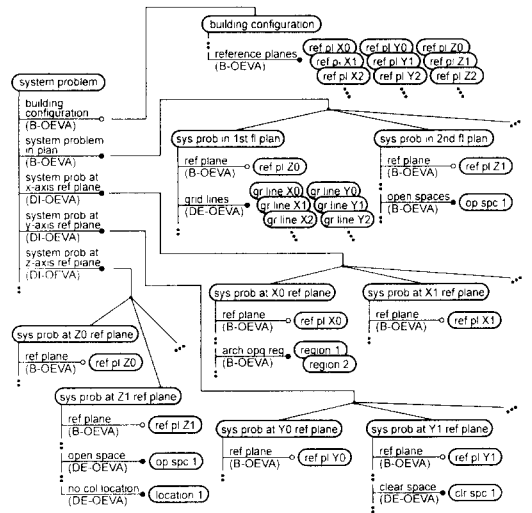


그림 6 시스템 설계문제를 위한 프로덕트 개체

reference plane 개체와 system problem at Z1 reference plane개체는 각각 그림 5(b)와 그림 5(c)의 설계문제 정보를 표현한다.

3. 시스템요소 배치

시스템 설계문제를 조직화하기 위한 방법과 통합설계 모델을 이용한 표현을 앞에서 기술하였다. 주어진 시스템 설계문제에 대하여 구조설계자는 프레임과 플로어 등의 시스템요소 (system component)의 배치를 결정하게 된다. 빌딩 프레임구조물의 시스템요소 배치를 표현하는 한 방법을 개체형 통합설계모델을 이용하여 표현하였다. 그리고 이 표현방법을 시스템요소 배치의 한 예에 대하여 적용하여서 설명하였다. 해당되는 그림에서 영어로 나타난 개체의 이름과 속성의 이름은 본문에서 그림과 비교하여 알아보기 쉽도록 영문이름을 번역하지 않고 그대로 적었다.

3.1 시스템요소 배치를 위한 모델

빌딩 프레임구조물의 시스템은 몇 가지의 요소 (component)로 분해할 수 있다. 본 논문에서는 시스템을 프레임 서브시스템 (frame subsystem),

플로어 서브시스템 (floor subsystem), 시스템요소 기둥 (column-COS, column as component of system)으로 분류하였다. 시스템요소 기둥은 프레임 서브시스템에 속하지 않는 기둥을 말한다. 이 세가지 요소에 대한 구체적인 경우에 대한 사항은 배치 예를 통하여 설명할 것이고, 여기서는 일반적인 경우에 대하여 설명하였다.

그림 7은 세 가지 시스템요소들의 배치를 개체형 통합설계모델에서 표현하기 위한 프로덕트 개체군을 나타낸다. 그림 7에서 system layout 개체군은 빌딩 프레임구조물의 시스템요소 배치의 정보를 표현한다. system layout 개체군은 네 개의 속성을 포함한다. system layout in plan 속성은 평면 (plan)에 나타난 시스템배치를 표현한다. system layout at x-axis reference plane 속성, system layout at y-axis reference plane 속성, system layout at z-axis reference plane 속성은 각각 X축 기준평면, Y축 기준평면, Z축 기준평면에서의 시스템요소 배치 정보를 표현한다. 이 세 속성들 (내부 유도속성, DI attribute)이 표시하는 모든 정보는 system layout in plan 속성이 표시하는 정보로부터 유도된다.

system layout 개체군의 각 속성의 값은 다른 세분화된 개체군을 나타낸다. 예를 들면, system layout 개체군의 system layout in plan 속성의

값은 system layout in plan 개체군을 가리킨다. system layout in plan 개체군은 다섯 개의 속성을 포함한다. 이 속성들은 프레임 서브시스템, 플로어 서브시스템, 시스템요소 기둥 등의 세 가지 시스템요소들의 배치를 나타내기 위한 것이다. reference plane 속성은 해당 평면 (plan)이 위치한 기준평면을 나타내는데, 이것은 플로어 서브시스템의 위치가 된다. frame regions 속성은 해당 평면에서의 프레임 서브시스템들의 위치를 나타낸다. 평면 상에서 기둥들은 그리드 라인의 교차되는 곳에 위치할 수 있으나, 일부 기둥은 생략될 수 있다. 이것이 columns omitted 속성에 의하여 표시된다. 다른 기둥들은 프레임 서브시스템의 요소가 되든지 또는 시스템요소 기둥이 된다. columns-COF (columns as component of frame) 속성과 columns-COS (columns as component of system) 속성이 이것을 표현한다. 해당 평면에서 프레임 서브시스템과 기둥이 생략되는 곳이 정해지면 이로부터 프레임 서브시스템의 요소가 되는 기둥과 시스템 요소가 되는 기둥이 자동적으로 유도될 수 있다. 따라서 columns-COF 속성과 columns-COS 속성을 내부 유도속성 (DI attribute)으로 정하였다.

system layout at vertical reference plane 개체군은 system layout at x-axis reference plane 속성, system layout at y-axis reference plane 속성의 값이다. system layout at horizontal reference plane 개체군은 system layout at z-axis reference plane 속성의 값이다. 이 개체군들은 수직 기준평면과 수평 기준평면에서의 시스템요소들의 배치를 나타낸다. system layout at horizontal reference plane 개체군내의 기둥에 대한 속성들은 모두 플로어 아래의 지지기둥 (supporting column)에 대한 것이다. 그 이유는 플로어를 설계할 때 플로어 위보다는 플로어 아래의 기둥에 대한 정보가 중요하기 때문이다.

3.2 시스템요소 배치의 예

빌딩 프레임구조물의 시스템의 세 가지 요소 (프레임 서브시스템, 플로어 서브시스템, 시스템

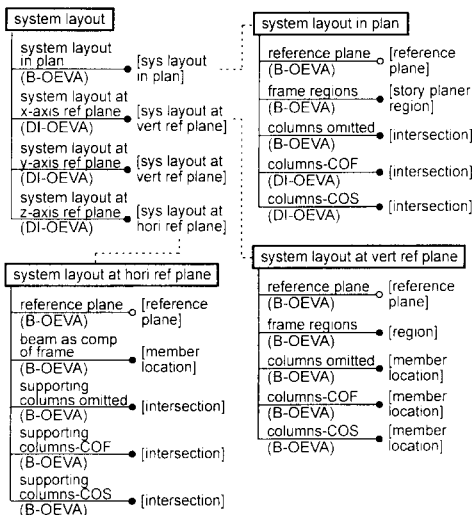


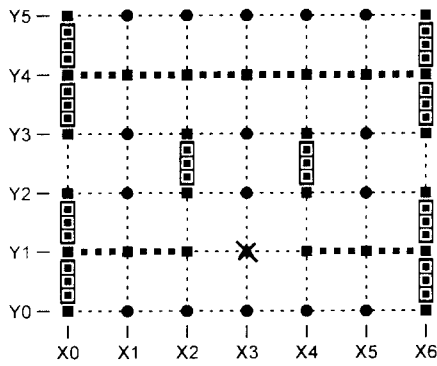
그림 7 시스템요소 배치를 위한 프로덕트 개체군

요소 기둥)의 배치의 예가 그림 8에 나타나 있다. 그림 8의 시스템요소 배치는 그림 4에 나타난 시스템 설계문제 위에 표시하였다. 그림 8에서 프레임 서브시스템은 굵은 점선으로 표시하였다. 일부의 프레임 서브시스템들은 건축적으로 투명한 평면부분에 배치하였고, 다른 프레임 서브시스템 들은 불투명한 평면부분에 배치하였다. 각각의 평면은 바로 플로어 서브시스템의 기준

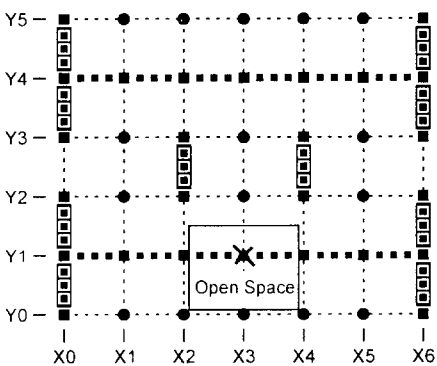
평면이 된다. 그림 8(a)와 그림 8(b)에서 기둥이 배치될 수 없는 부분을 표시하는 "X"로 표시된 곳에는 기둥을 생략하였다. 기둥이 배치된 곳 중에서 그림 8(a)에서 그리드 라인 X0, Y0의 교차점에 위치한 기둥같이 프레임 서브시스템에 속하는 기둥은 프레임요소 기둥(column-COF, columns component of frame)로 표시하였다. 그런데, 그림 8(a)에서 그리드 라인 X1, Y0의 교차점에 위치한 기둥은 프레임 서브시스템에 속하지 않는다. 이와 같은 기둥들은 시스템요소 기둥(column-COS, column as component of system)이 된다. 이와 같이 해당 평면에서 프레임 서브시스템과 기둥이 생략되는 곳이 정해지면 이로부터 프레임 서브시스템의 요소가 되는 기둥과 시스템 요소가 되는 기둥이 자동적으로 정해진다.

그림 9는 X축 기준평면, Y축 기준평면, Z축 기준평면에서의 세 가지 시스템요소 들의 배치를 나타내고 있다. 이 배치상태는 그림 8로부터 유도된 것들이다. 또한 이 배치상태는 그림 5에 나타난 기준평면에서의 시스템 설계문제 위에 표시하였다. 그림 9(a)는 X0 기준평면에서의 시스템 구성요소 들의 배치상태를 나타낸다. 두 개의 프레임 서브시스템과 여러 개의 플로어 서브시스템이 X0 기준평면에 위치하고 있다. 그림 9(b)의 Y1 기준평면에서는 한 개의 플로어 서브시스템만이 표시된다. 그림 9(c)는 Z1 기준평면에서의 시스템 구성요소 들의 배치상태를 나타내고 있다. Z1 기준평면은 2층 플로어 서브시스템을 포함하고있고, 또한 여러 개의 프레임 서브시스템과 시스템요소 기둥도 포함하고 있다. 그림 9(c)과 같이 수평 기준평면에서의 시스템요소 배치를 나타낼 때 기둥들은 모두 플로어 아래를 지지하는 기둥(supporting column)에 대한 것으로 표시되어 있다.

그림 8과 그림 9에 나타난 시스템요소 배치의 예를 개체형 통합설계모델을 이용하여 표현한 것이 그림 10에 나타나 있다. 그림 10은 프로덕트 개체들을 나타내는데, 모서리가 둥근 사각형들이 프로덕트 개체들이다. 이 개체들은 그림 7의 개체군으로부터 생성된 것이다. 예를 들어, 그림 7



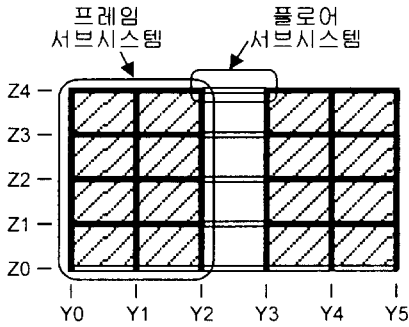
(a) 1층 평면 (Z0 기준평면)



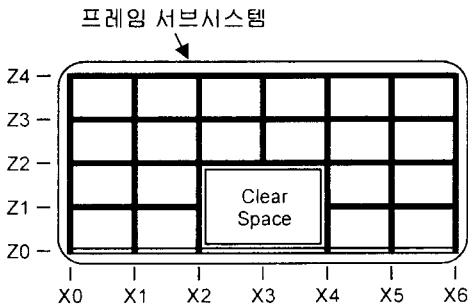
(b) 2층 평면 (Z1 기준평면)

- 프레임 서브시스템
- 건축적으로 불투명한 수직평면 부분에 배치된 프레임 서브시스템
- X 기둥이 배치될 수 없는 곳
- ▲ 기둥이 생략된 곳
- 프레임요소 기둥
- 시스템요소 기둥

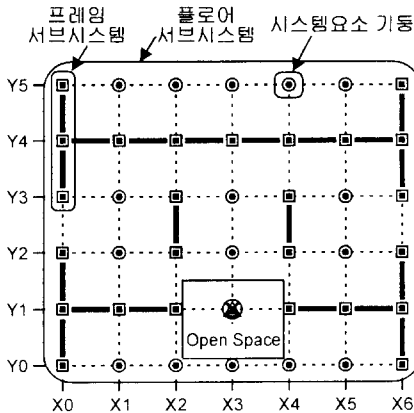
그림 8 평면에서의 시스템요소 배치



(a) X0 기준평면



(b) Y1 기준평면



(c) Z1 기준평면

- 건축적으로 불투명한 수직평면부분
- 지지기둥이 배치될 수 없는 곳
- 지지기둥이 생략된 곳
- 프레임요소 지지기둥
- 시스템요소 지지기둥

그림 9 기준평면에서의 시스템요소 배치

의 system layout 개체군으로부터 그림 10의 system layout 개체가 생성된다.

그림 10에서 system layout 개체의 system layout in plan 속성의 값들은 system layout in 1st floor plan 개체, system layout in 2nd floor plan 개체 등인데, 이 개체들은 그림 7의 system layout in plan 개체군으로부터 온 것이다. 이 개체들은 그림 8에 나타난 시스템 배치의 정보를 표현한다. system layout in 1st floor plan 개체는 그림 8(a)의 시스템 배치 정보를 표현하는데 1층 평면이 Z0 기준평면에 위치하므로 그림 10에서 reference plane 속성의 값이 reference plane Z0 이다. 1층 평면에 여러 개의 프레임 서브시스템 들이 나타나 있으므로 fame regions 속성의 값들이 여러 개가 된다. 또한 1층 평면에는 한 곳에 기둥이 생략되어 있으므로 columns omitted 속성의 값이 한 개가 된다.

그림 10에서 system layout 개체의 system layout at x-axis reference plane 속성의 값으로 여러 개체가 있다. 이 중에서 system layout at X0 reference plane 개체는 그림 9(a)의 X0 기준평면에서의 시스템요소 배치를 표현한다. 그림

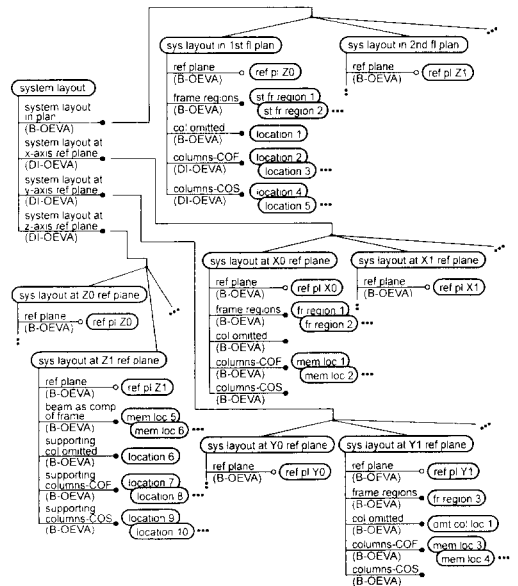


그림 10 시스템요소 배치를 위한 프로덕트 개체

9(a)에서 두 곳에 프레임이 배치되어 있으므로 frame regions 속성의 값은 두 개가 된다. 그리고 X0 기준 평면에서는 기능이 생략된 곳이 없으므로 columns omitted 속성의 값은 없다. 같은 방법으로 그림 10에서 system layout at Y1 reference plane 개체와 system layout at Z1 reference plane 개체는 각각 그림 9(b)와 그림 9(c)의 시스템요소 배치를 표현한다.

4. 결 론

본 논문은 구조설계 CAD 시스템을 개발하기 위해 빌딩 프레임구조물의 시스템 설계문제와 시스템 배치의 정보를 이해하고 조직화하는 한 방법을 소개하였고, 이 방법을 개체형 통합설계모델을 이용하여 표현하였다.

빌딩 프레임구조물의 시스템 설계문제를 나타내기 위하여 기준 평면(reference plane)과 그리드 라인(grid line)을 정의하였고, 투명 평면부분과 불투명 평면부분을 이용하였다. 대부분의 시스템 설계문제는 평면(plan)에 대하여 표시하였고, X축, Y축, Z축 기준평면에서의 시스템 설계문제가 평면에서의 설계문제에서 유도되도록 하였다. 개체형 통합설계모델을 이용한 표현에서는 평면에서의 설계문제를 기본속성(base attribute)으로 정의하였고, 기준평면에서의 설계문제를 유도속성(derived attribute)으로 정의 하였다.

시스템요소 배치를 위하여 세 가지 시스템 구성요소(프레임 서브시스템, 플로어 서브시스템, 시스템요소 기능)를 고려하였다. 시스템요소 배치도 평면에 대하여 표시하였고, X축, Y축, Z축 기준평면에서의 시스템요소 배치는 평면에서의 시스템요소 배치에서 유도되도록 하였다. 개체형 통합설계모델을 이용한 표현에서는 평면에서의 시스템요소 배치는 기본속성(base attribute)으로 정의하였고, 기준평면에서의 시스템요소 배치는 유도속성(derived attribute)으로 정의하였다.

본 논문에서 시스템 설계문제와 시스템요소 배치의 표현을 위한 방법이 하나의 예로 들은 빌딩 프레임구조물에 대하여 설명이 되었지만 다른 빌

딩 프레임구조물에도 적용될 수 있다. 또한 그 표현방법은 개체형 통합설계모델이 아닌 다른 종류의 설계모델을 이용한 컴퓨터 시스템의 개발을 위해서도 이용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터의 지원에 의한 것으로써 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Finger, S. and Dixon, J. R., "A Review of Research in Mechanical Engineering Design. Part I: Descriptive, Prescriptive, and Computer-Based Models of Design Processes", *Research in Engineering Design*, Vol. 1, 1989, pp.51~67.
2. Sanvido, V. E., Kumara, S., and Ham, I., "A Top-Down Approach to Integrating the Building Process", *Engineering with Computers*, Vol. 5, 1989, pp.91~103.
3. Law, K. H., Barsalou, T., and Wiederhold, G., "Management of Complex Structural Engineering Objects in a Related Framework", *Engineering with Computers*, Vol. 6, 1990, pp.81~92.
4. Sause, R. and Powell, G. H., "A Design Process Model for Computer Integrated Structural Engineering", *Engineering with Computers*, Vol. 6, 1990, pp.129~143.
5. Eastman, C. M., Bond, A. H., and Chase, S. C., "A formal Approach for Product Model Information", *Research in Engineering Design*, Vol. 2, 1991, pp.65~80.
6. Howard, H. C., Abdalla, J. A., and Phan, D. H. D., "Primitive-Composite Approach for Structural Data Modeling", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 6

- (1), 1992, pp.19~40.
7. Phan, D. H. D. and Howard, H. C., "Functional Analysis using Partitioned Engineering Data Flow Model", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 8(1), 1994, 2~19.
 8. Lee, C.-H., Sause, R., and Hong, N. K., "Overview of Entity-Based Integrated Design Product and Process Models", *Advances in Engineering Software*, Vol. 29, No. 10, Elsevier Science, United Kingdom, 1998, pp.809~823.
 9. Lee, C.-H., "Integrated Design Product and Process Model for Building Frame Structures", Ph.D. Dissertation, Lehigh University, Bethlehem, PA, USA, 1997, p.493.
 10. Hong, N. K., "Entity-Based Integrated Product and Process Models for Computer-Aided Structural Design", Ph.D. Dissertation, Lehigh University, Bethlehem, PA, USA, 1994.
 11. Hong, N. K. and Hong, S., "Entity-Based Models for Computer-Aided Design Systems", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 12(1), 1998, pp.1~12.
 12. Lee, C.-H., Sause, R., and Lee, L.-H., "Entity-Based Integrated Design Model for Structural Design of Building", *Proceedings of the Fifth International Conference on Tall Building*, Hong Kong, December, 1998 pp.307~312.
 13. 이창호, "통합설계 모델을 이용한 구조물의 시스템 설계 정보의 표현", 한국강구조학회지, 1997년 9월, pp.49~59.
 14. Rigopopulos, D. R. and Oppenheim, I. J., "Intelligent Objects for Synthesis of Structural Systems", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 6(3), 1992, pp. 266~281.

(접수일자 : 1998. 11. 7)