

구조설계 과정에서 발생하는 정보의 체계화를 위한 객체 모델링

Object Modeling for Systematic Management of Intermediate Structural Design Information

이 재 철*
Lee, Jae-Cheol

ABSTRACT

The structural design process of the buildings consists of several design phases, which perform the simple calculation and the decision making to be with designers judgement, recursively. In this paper, the information that created during the design phases and used for generating the rational design result is called *intermediate information*. The intermediate information as well as the structural design results must be managed together in order to develop an integrated system for computer aided structural design. This paper presents the research for the object modeling concepts and the formal object model according to them for the systematic management of not only structural design results but also intermediate information.

Keywords: *intermediate information, integration, information management, object model.*

1. 서 론

구조설계의 각 과정별 작업결과로 생성되는 정보들은 합리적인 최종 설계결과를 창출해내기 위한 기초정보로서 동일한 구조요소의 경우에도 그것이 생성되는 작업과정에 따라 전혀 다른 형태로 표현된다. 또한 하나의 작업과정에서 생성된 출력정보가 다른 과정에서는 입력정보로 사용되는 등 서로 밀접하게 연관되어 있으므로 어느 한 과정에서 정보가 변경되면 그와 연관된 다른 과정의 정보도 영향을 받게 된다⁶⁾. 따라서 구조설계 통합시스템을 위해서는 궁극적인 설계정보 뿐만 아니라 구조설계 과정 중에 생성되는 중간정보까지도 정형화하여 함께 관리하여야 한다⁷⁾. 본 논문에서는 구조설계의 궁극적 결과인 설계정보는 물론 이의 창출을 위해 구조설계의 각 작업과정에서 생성되고 사용되는 중간정보까지를 포함하는 일련의 구조설계정보를 체계적으로 관리하기 위한 객체 모델링 방안을 제시하고 이에 따라 정형화한 객체 모델의 구성 방법에 대해 기술하였다.

본 논문은 객체 모델의 설계를 통해 구조설계 통합시스템을 개발하기 위한 선행연구로서 단순히 구조설계의 각 작업과정에서 이루어지는 단위업무의 전산화를 목적으로 하는 것이 아니라 이들 작업과정 간에 형성되어 있는 정보의 상관관계까지를 객체 모델로 정형화함으로써 작업과정 간의 유기성 확보를 목적으로 한다.

* 동명대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

이를 위해 본 논문에서는 먼저 구조설계 통합시스템의 설계에 수반되는 문제점을 분석한 후 이의 해결을 위한 선행 연구결과를 바탕으로 구조설계의 전과정을 통합 지원하기 위해 요구되는 객체 모델링 방안을 정립하였다. 다음으로 STEP⁴⁾에서 적용하는 표준 프로세스 모델인 IDEF0³⁾을 이용한 구조설계 과정의 분석을 통해 구조설계를 위한 각각의 단위작업에 의해 생성되는 궁극적인 설계정보와 이의 창출을 위해 한정된 범위에서 사용되는 중간정보를 추출하였다. 이를 통해 추출된 설계정보와 중간정보는 객체 모델의 대상이 되며 이를 앞서 정립한 객체 모델링 개념에 따라 UML(Unified Modeling Language)⁸⁾을 이용하여 객체 모델로 체계화하였다. 끝으로 형강보요소의 구조설계 과정에서 생성되는 중간정보들이 체계화한 객체 모델을 통해 관리되는 예를 보임으로써 제시한 객체 모델링 방안의 타당성을 검증하였다.

2. 객체 모델링 개념

2.1 관점/계층²⁾

그림 1은 철골 보 부재를 대상으로 모델링 단계, 구조해석 단계 및 단면설계 단계를 표현하기 위한 특징적인 중간정보를 표현한 것이다.

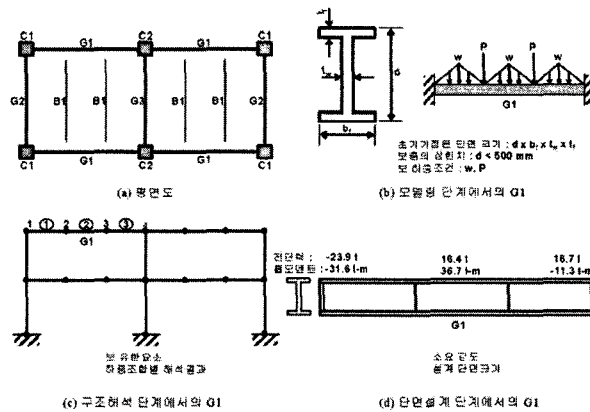


그림 1. 구조설계 진행 단계에 따른 철골 보요소의 속성

그림 1에서 (a)의 평면도에 주어진 G1보의 경우, (b)의 모델링 단계에서는 가정된 보 단면 크기와 보에 작용하는 하중, 기타 설계조건 등의 정보로 표현된다. 그러나 (c)의 구조해석 단계에서는 G1을 구성하는 3개의 보 유한요소 정보와 각 유한요소에 대한 하중조합별 해석결과로, (d)의 단면설계 단계에서는 소요강도 및 최종 결정된 단면크기 정보 등으로 표현된다. 이렇듯 동일한 구조요소가 수행하고자 하는 기능에 따라 전혀 다른 중간정보 구조에 의해 표현되면서도 G1보의 궁극적인 설계정보를 중심으로 유기적 관계를 맺고 있다. 따라서 최종 설계정보만을 관리하는 데이터 구조로는 불충분하며 구조설계의 진행 과정에서 생성되는 중간정보까지를 관리할 수 있는 데이터 구조가 요구된다. 설계정보, 중간정보 및 이들 간의 유기적 관계까지를 체계적으로 모델링하기 위해 구조설계 작업 절차에 따라 대상 정보를 코어객체와 확장객체로 분류하여 관리한다. 하나의 구조요소는 해당 작업의 수행을 위해 서로 다른 형태의 속성과 기능으로 정의되는 확장객체들로 구성되며 이러한 각각의 확장객체들은 설계정보를 관리하는 코어객체를 통해 유기적으로 연결된다.

이와 함께 구조설계의 여러 작업과정은 수행하는 역할은 각기 다르지만 역할을 수행하는 방법에 있어 정보를 사용하는 목적이 동일한 경우가 있다. 즉 하중을 산정하거나 접합부를 설계하는 경우처럼 각 객체간의

인접관계 표현이 필요한 경우라면 해당 객체는 꼭지점(vertex), 모서리(edge), 면(face) 등의 위상정보로 표현함으로써 인접부재의 탐색이 가능하도록 해야 하며, 각 단위기능 수행 중에 사용자와의 인터페이스가 필요한 경우에는 문자, 선, 사각형 등의 그래픽 정보로 표현함으로써 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 하여야 한다. 이와 같이 여러 작업과정에 걸쳐 정보의 사용목적이 동일한 경우에는 사용목적을 만족시키기 위해 필요한 일반적인 속성과 기능으로 구성되는 기반객체를 먼저 정의한 후, 여기에 해당 단위작업 수행과 관련한 특수 정보를 추가한 응용객체로 정의함으로써 속성 및 기능의 중복을 피하고 객체 정의의 효율을 기할 수 있다. 표 1은 작업절차에 따른 코어/확장객체와 사용목적에 따른 기반/응용객체의 조합을 통해 하나의 구조요소에 대해 정의되는 객체 모델링 결과를 개념적으로 나타낸 것이다.

표 1. 코어/확장객체와 기반/응용객체의 조합

계층 \ 관점		모델링	하중산정	해석	설계
		설계정보 (코어객체)	구조정보 코어-응용객체		
중간정보 (확장객체)	기능중속	구조정보 코어-기반객체			
		기능중속/모델링	기능중속/하중산정	기능중속/해석	기능중속/설계
		확장-응용객체	확장-응용객체	확장-응용객체	확장-응용객체
	기하위상	기능중속정보 확장-기반객체			
		기하위상/모델링	기하위상/하중산정	기하위상/해석	기하위상/설계
		확장-응용객체	확장-응용객체	확장-응용객체	확장-응용객체
사용자접속	기하-위상정보 확장-기반객체				
	사용자접속/모델링	사용자접속/하중산정	사용자접속/해석	사용자접속/설계	
	확장-응용객체	확장-응용객체	확장-응용객체	확장-응용객체	
사용자접속정보 확장-기반객체					

2.2 참조영역¹⁾

동일한 구조요소를 기술하는 속성일지라도 각 속성이 정의되는 참조영역은 서로 다르며 그에 따라 다른 정도의 반복성을 가지는 객체로 정의된다. 그림 2에 주어진 건물에서 (c)의 ㉠ 기둥의 경우를 보면 이 기둥의 단면정보는 C1이라는 기둥유형으로 표현된다. C1기둥의 단면정보가 정의되는 것은 그림 2의 (a)와 같이 C1기둥의 자체영역 안에서 기술된다. 그리고 ㉡ 기둥의 평면 내 위치정보는 그림 2(b)가 보여주는 일반층 평면에서 기술되는데 이때 이 위치정보는 일반층 평면을 참조영역으로 하여 기술된다. ㉢ 기둥의 부재력 정보 기술을 위한 참조영역은 전체 건물을 참조영역으로 한다. 즉 건물 내 여러 개의 C1 기둥들이 있지만 하중의 분포에 따라 각 C1 기둥의 부재력은 모두 다르므로 부재력 정보는 그림 2(c)에 표현된 전체 건물을 참조영역으로 하여 표현되어야 한다. 이와 같이 동일한 구조요소에 대한 속성이더라도 속성이 정의되는 참조영역에

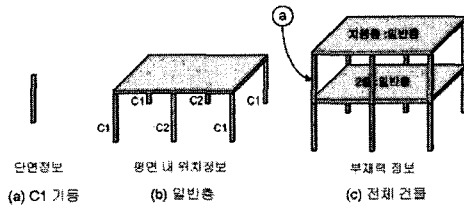


그림 2. 구조요소와 참조영역

따라 각 속성들은 다른 정도의 반복성을 가진다.

구조요소 속성의 반복성 문제는 하나의 구조요소를 속성이 정의되는 참조영역에 따라 분리하여 정의하고, 낮은 반복성을 갖는 속성으로 정의된 객체가 높은 반복성을 갖는 속성으로 정의된 객체를 참조하도록 함으로써 해결할 수 있다. 참조영역 모델에서는 구조요소의 속성이 정의되는 참조영역을 자체영역, 상위영역 및 전체영역으로 나누고 하나의 구조요소를 이상의 참조영역에 따라 각각 타입객체, 지역객체, 전역객체로 분리하여 정의한다.

자체영역은 속성을 기술하고자 하는 객체 내부만을 참조영역으로 하며, 객체 내부에서 독립적으로 기술될 수 있는 속성을 포함한다. 그림 2(a)의 예에서 C1 기둥의 단면속성정보는 C1 기둥의 자체영역에서 기술된다. 구조요소 속성 중 자체영역에서 정의될 수 있는 속성만으로 구성된 객체를 타입객체로 정의한다. 그러므로 타입객체는 건물에 실제 존재하는 객체가 아니고 단지 특정한 구조요소에 대한 유형으로서 실제 존재하는 객체에 의해 참조된다. 그림 2의 (a)와 (b)에서 C1 기둥과 일반층 요소는 모두 타입객체이다. 타입객체는 구조요소의 반복성과 그룹핑 정보를 표현하기 위해 사용되며, 그림 2(b)의 예에서 C1로 표시된 기둥들은 모두 그림 2(a)의 C1 기둥을 참조하는 동일한 그룹이다.

상위영역은 해당 객체를 포함하는 상위 객체의 자체영역을 의미한다. 그림 2(b)의 예에서 일반층의 층 타입객체는 평면 내에 속한 기둥들의 상위 객체이다. 그리고 기둥의 평면 내 위치정보는 기둥의 상위영역인 층 타입객체의 자체영역에서 기술된다. 이처럼 어떤 요소의 상위영역에서 정의되는 속성만으로 구성된 객체는 해당 요소의 지역객체로 정의한다. 하위 요소의 지역객체는 상위 요소의 타입객체에 속성으로 포함된다. 그림 2(b)에서 평면 내에 배치된 기둥과 슬래브들은 모두 일반층 타입객체의 자체영역, 즉 각 기둥과 슬래브들의 상위영역에서 정의된 지역객체들이며 이들은 일반층 타입객체의 속성으로 포함된다. 이와 같이 상위영역은 객체간의 포함관계를 표현하기 위해 사용된다. 아울러 지역객체는 해당 객체의 타입객체를 속성으로 갖는다. 그림 2(b)에 주어진 일반층 타입객체의 좌측하단에 위치한 기둥의 지역객체는 그림 2(a)의 C1 기둥 타입객체를 속성으로 갖는다.

전체영역은 실제 건물 전체를 대상으로 하는 영역을 의미한다. 그러므로 전체 건물 수준에서 기술되어야 할 정보는 전체영역에서 기술된다. 그림 2(c)의 예에서 2층과 지붕층의 좌측하단 기둥은 같은 타입객체, 같은 지역객체를 속성으로 갖지만 구조해석 결과로 주어지는 응력상태는 상이하다. 그러므로 각 부재의 응력속성은 전체영역에서 정의되어야 한다. 구조요소 속성 중 전체영역에서 정의되는 속성만으로 구성된 객체는 전역객체로 정의하며, 그림 2(c)에 나타낸 각 부재들은 전역객체들이다.

3. 객체 모델의 설계

3.1 관점/계층 개념과 참조영역 개념의 결합

관점과 계층의 조합으로 정의된 객체들은 각각의 객체가 관리하는 속성의 참조영역에 따라 다시 타입객체, 지역객체 또는 전역객체로 정의된다. 이때 중간정보를 관리하는 확장객체들은 수행 기능이 특정한 참조영역에서 주로 이루어지기 때문에 타입객체, 지역객체 또는 전역객체 중의 일부로 정의된다. 예로 설계 관점 확장객체의 기능은 자체영역에서 수행되는 단면설계 기능이므로 타입객체로 정의되나, 하중산정 관점 및 해석 관점 확장객체의 기능은 전체영역에서 수행되는 작용하중 산정 및 소요강도의 생성이므로 전역객체로 정의된다. 그림 3은 관점/계층 개념과 참조영역 개념의 결합에 의해 하나의 구조요소에 대해 생성될 수 있는 모든 객체들을 보여준다. 그림 3에서 보듯이 하나의 구조요소는 관점과 계층 및 참조영역의 세 개의 축에 의해 분리되며 각각의 축이 교차되는 교차점 상에 하나의 객체가 정의된다.

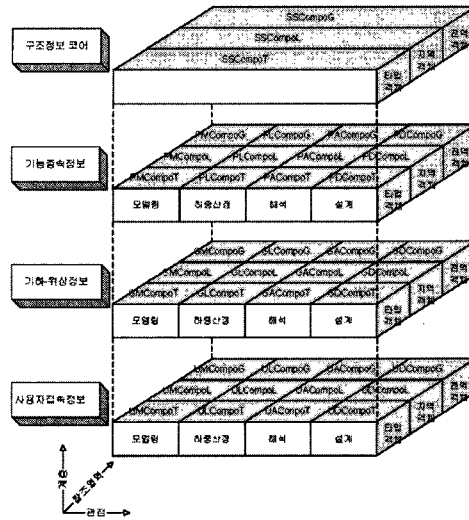


그림 3. 관점/계층 개념과 참조영역 개념의 결합

3.2 기반모델과 응용모델

객체지향 모델링 기법의 상속(inheritance) 개념을 이용하여 구조설계의 수행을 위해 구조시스템 또는 사용재료에 무관하게 공통적으로 요구되는 객체와 이들 공통객체 간의 관계를 기반모델(foundation model)로 구성하고 철근콘크리트구조나 강구조, 목구조 등 구조요소의 사용재료에 따라 특수하게 요구되는 속성과 기능을 가지는 객체들로 응용모델(application model)을 구성한다. 이처럼 기반모델과 응용모델로 분리하여 객체를 정의함으로써 상속 개념에 따른 객체의 재사용성을 이용하여 속성 및 기능의 중복 정의를 피할 수 있다.

3.3 코어객체와 확장객체

동일한 구조요소를 구조설계 진행과정에 따라 다양한 속성구조로 표현해야 하는 문제를 해결하기 위해 하나의 구조요소를 코어객체(core object)와 확장객체(extended object)로 분리하여 정의한다. 코어객체는 구조요소에 대한 구조설계의 궁극적 결과인 설계정보를 담고 있으며 확장객체는 이러한 설계정보의 생성을 위해 구조설계 진행과정에서 생성되는 중간정보를 담고 있다. 이처럼 코어객체와 확장객체는 상호 보완적인 역할을 하며 이들의 결합을 통해 하나의 구조요소에 대한 완전한 속성 정의가 가능하다. 즉 코어객체의 속성은 확장객체의 속성과 기능을 통해 생성되며 확장객체는 코어객체를 통해 동일 구조요소를 표현하는 여타 확장객체와 정보를 교환할 수 있다.

3.4 객체 모델의 구성

그림 4는 본 논문에서 제시하는 객체 모델의 전체적인 구성을 나타낸 것으로 객체 모델은 기반모델과 응용모델의 두 부분으로 나누어지며 점선의 화살표는 응용모델이 기반모델을 참조하기 위한 의존성을 가지고 있음을 의미한다. 기반모델은 크게 구조정보 코어(SCFM), 기능동속정보(PRFM), 기하-위상정보(GTFM) 및 사용자접속정보(UIFM)의 네 가지 기반모델 그룹으로 나누어지며 각각의 그룹은 개체의 사용목적에 따라 분류된다. 아울러 기반모델과 응용모델은 다시 코어객체와 확장객체로 나누어지며 확장객체는 코어객체를 참조

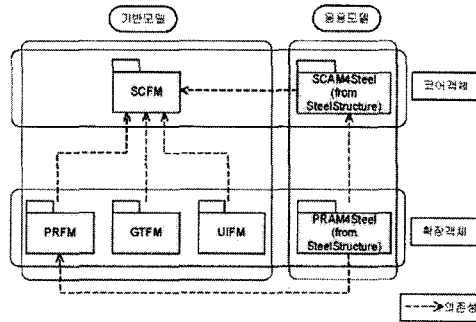


그림 4. 객체 모델의 전체 구성

하기 위한 의존성을 가지고 있다. 동일한 코어객체를 참조하는 여러 확장객체들은 동일 구조요소에 대한 서로 다른 속성구조의 표현을 나타낸다.

그림 5는 구조정보 코어 기반모형(SCFM) 내에서 참조영역 개념이 구현된 결과를 보여주는 객체 다이어그램이다. 코어객체의 최상위객체(SSCompo)는 타입객체, 지역객체 및 전역객체를 하위객체로 가지며 구조설계의 대상이 되는 각 구조요소의 코어객체는 이로부터 파생된다. 이때 부재요소(Member)의 코어객체는 각각의 타입객체, 지역객체 및 전역객체에서 모두 파생되는 반면, 층요소(Floor)는 타입객체와 지역객체에서만, 건물요소(Building)는 타입객체에서만 파생된다. 지역객체는 타입객체를 m_SSCompoT 속성으로 갖고 전역객체는 지역객체를 m_SSCompoL 속성으로 가짐으로써 반복성 및 부재 그룹핑을 고려한 객체 모델링이 가능하며, 상위 구조요소의 타입객체가 하위 구조요소의 지역객체를 집단화 관계로 가짐으로써 구조요소간의 포함관계를 표현할 수 있다. 이와 함께 계층별 확장객체의 최상위객체(PRCompo, GTCompo, UICompo)는 코어객체인 SSCompo를 가리키는 속성(m_CoreObj)을 가지며 이를 통해 동일 구조요소의 다양한 계층별 속성구조를 정의할 수 있다.

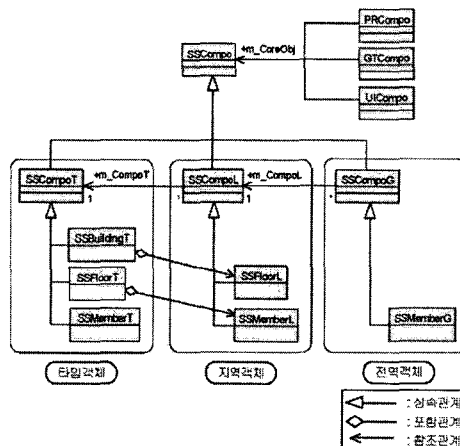


그림 5. SCFM 내에서 구현된 참조영역 개념

4. 객체 모델의 활용

4.1 객체 매트릭스 작성

구조설계 프로세스의 분석결과로부터 설계정보 및 중간정보를 추출해 낼 수 있으며 이로부터 추출된 설계 정보 및 중간정보의 관리를 위해 요구되는 객체들은 관점/계층 매트릭스를 작성함으로써 결정된다. 표 2는 형강보의 구조설계를 위해 요구되는 코어객체 및 확장객체들을 관점/계층 매트릭스로 추출한 결과를 보여준다. 이때 객체의 속성구조가 일반적인 보에 대해 동일한 경우(예, PLBeamG, PABeamG 등)에는 기반모델의 객체를 그대로 사용하고 철근 콘크리트보나 형강보 등 사용재료나 유형에 따라 다른 속성구조를 가지는 경우(예, PDRldBeamT)에는 응용모델에서 새로이 추가된다. 이렇게 정의된 하나의 객체는 다시 속성이 정의되는 참조영역에 따라 타입객체, 지역객체 및 전역객체로 분류된다. 예를 들면 PABeam 객체의 속성인 부재별 해석결과는 전체 건물에서 각각의 부재마다 다르므로 전체영역을 참조영역으로 하는 전역객체 PABeamG로 정의된다. 이에 비해 PDRldBeam 객체의 속성인 설계단면은 부재 자체의 속성으로 같은 그룹으로 정의된 모든 부재에 대해 동일하므로 자체영역을 참조영역으로 하는 타입객체 PDRldBeamT로 정의된다.

표 2. 형강보의 관점/계층 매트릭스

관점 \ 계층	Modeling	Load	Analysis	Design
SCFM	SSRldBeamT, SSBeamL, SSBeamG			
PRFM	PMRldBeamT	PLBeamG	PABeamG	PDRldBeamT
GTFM	GMBeamG	GLBeamG	GABeamG	GDBeamG
UIFM	UMRldBeamT	ULBeamT	UABeamT	UDRldBeamT

4.2 객체 정의

그림 6은 관점/계층 매트릭스를 통해 추출된 형강보의 여러 객체들 중에서 PMRldBeamT 객체를 예로 나타낸 것이다. PMRldBeamT 객체는 상위객체인 PMBeamT 객체로부터 보의 일반적인 설계조건 정보를 상속 받는 한편 PMSStBeamT 객체로부터는 철골보의 횡좌굴 검토⁵⁾를 위해 요구되는 횡지점의 개수(NumLateralSupport)와 그 길이(LbArr) 정보를 설계조건으로 상속받는다. 여기에 형강보로서의 설계조건이 추가되며, 이에는 초기 단계의 해석 및 설계검토를 위한 가정단면 속성(m_AssumedRldSection)이 포함된다.

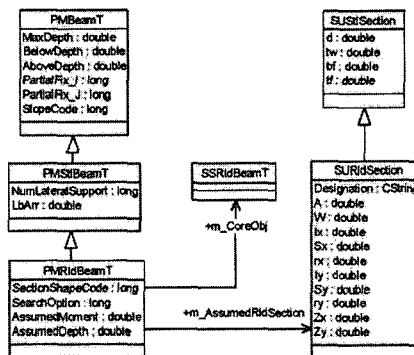


그림 6. PMRldBeamT 객체의 정의

이때 형강보의 초기 가정단면은 위에서 설계조건으로 주어진 최대 춤(MaxDepth), 단면형상 코드(SectionShapeCode) 및 가정 모멘트(AssumedMoment) 또는 가정 춤(AssumedDepth) 등의 조건을 모두 만족하는 형강단면 중에서 설계자의 판단에 의해 선택된다. 이와 더불어 PMRldBeamT 확장객체는 형강보의 궁극적인 설계정보를 관리하는 SSRldBeamT 코어객체를 속성으로 가지며 이를 통해 여타 확장객체와 정보를 교환할 수 있게 된다.

5. 결 론

본 논문은 구조설계의 최종 결과인 설계정보뿐만 아니라 이의 생성을 위해 구조설계 수행 과정 중에 생성되는 중간정보까지를 체계적으로 관리하는 객체 모델의 설계를 목적으로 하였으며 다음의 결과를 얻었다.

(1) 작업과정에 따른 관점 개념, 사용목적에 따른 계층 개념 및 속성의 반복성에 따른 참조영역 개념은 서로 밀접하게 연관되어 있으며 이들의 결합에 의한 객체 모델링을 통해 구조설계의 궁극적 결과인 설계정보와 이의 창출을 위한 중간정보를 체계적으로 관리할 수 있다. 이와 함께, 관점/계층 개념과 참조영역 개념의 결합을 통해 정형화한 객체 모델은 중간정보가 생성되는 구조설계 작업과정이 추가되거나 변경되는 경우에도 효과적으로 확장되고 변경될 수 있는 장점이 있다.

(2) 기본모델과 응용모델을 분리하여 속성이 중복 정의되는 것을 피하고 적은 노력으로 새로운 객체를 생성해 낼 수 있다. 아울러 코어객체와 확장객체로 분리하여 정의함으로써 동일한 구조요소에 대한 다양한 속성구조를 명확하게 표현함과 동시에 코어객체를 통한 여러 확장객체들 간의 정보 교환 및 공유가 가능하다.

(3) 참조영역에 따라 분리된 속성구조를 통해 다른 정도의 반복성을 가지는 구조요소 속성의 특성을 명시적으로 표현할 수 있으며 구조설계 시 고려되어야 하는 부재 그룹핑과 구조요소 간 포함관계도 효과적으로 반영할 수 있다.

참고문헌

1. 김치경 (1999) 변단면 PEB를 위한 엔지니어링 데이터베이스의 설계와 구축, 대한건축학회논문집, 15(8), pp.3~10.
2. 이재철, 김영민, 김치경, 홍성목 (1999) 구조설계 통합시스템을 위한 관점/계층 기반 데이터 모델, 대한건축학회논문집, 15(3), pp.47~54.
3. Albright, R., Ray, R., Snow, J., Dooley, B. (1992) Design/IDEF v2.0 Maintenance R.1, *Meta Software Co.*
4. Froese, T. (1996) STEP and the building construction core model, *Proc., 3rd Congress of Computing in Civil Engineering, ASCE*, pp.445~451.
5. Galambos, T. V., Lin, F. J., Johnston, B. G. (1996) Basic Steel Design with LRFD, *Prentice-Hall*
6. Mokhtar, A., Bedard, C., Fazio, P. (1998) Information model for managing design changes in a collaborative environment, *Computing in Civil Engineering, ASCE*, 12(2), pp.82~92.
7. Shooter, S. B., Keirouz, W. T., Szykman, S., Fenves, S. J. (2000) A Model for the Flow of Design Information in Product Development, *Engineering with Computers*, 16(3), pp.178~194.
8. Quatrani, T. (1996) Visual Modeling with Rational Rose and UML, *Addison Wesley Longman*