

## 파라메트릭 디자인 방법론을 활용한 한옥 목구조부재의 BIM 설계 프로세스 연구

박정대\*

### A Study on the BIM-based Design for the Elements of Wooden Structure of Korean Traditional Buildings Through a Parametric Design Methodology

Jungdae Park\*

#### ABSTRACT

With the rising social interest in the sustainable life, demands are growing for Hanok, as a viable alternative to modernized architecture of Western origin. However, even Hanok is gaining popularity among the general public, its design and construction are still a minor practice. Aiming to build an information system of Hanok, this research proposes a new design process for traditional architecture, utilizing a parametric design methodology. This process, based on the understanding of tectonic joints and spatial composition of our traditional architecture, defines a parametric relationship among the structural elements that compose Hanok. The research uses Gehry Technologies' Digital Project and Autodesk Revit Architecture to apply a concurrent parametric design methodology, approaching the project in both bottom-up and top-down to present a new design process for Hanok elements.

**Key words** : BIM, Data Structure, Koran Traditional Buildings, Parametric Design

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

최근 지속가능한 발전으로서의 환경에 대해 사회적 이슈를 통해 논의의 폭이 확대되면서, 친환경적인 삶의 정주공간으로서 우리의 전통적인 건축, 특히 한옥에 대한 관심이 점차 증대되고 있다. 지난 2008년도 국토해양부 설문조사에서 응답자의 41.9%가 한옥에 살고 싶다고 했으며, 서울시에서도 2009년부터 한옥의 수선 혹은 신축 시에, 일정한 규모의 사업보조금을 지원해주는 조례를 신설하고 있기도 하다.

그동안 주거환경의 정량적인 확대지향의 획일화된 발전논리에 밀려 오랜 세월 관심에서 벗어나 있었던 전통건축으로서의 한옥이 점차 삶의 질을 중요시하는 사회적 가치관의 전환과 맞물리면서, 정부 및 지자체들의 지원을 통해 주목되고 있다. 관련분야 전문가는

물론 일반인들의 주거환경에 대한 인식의 변화에까지 상당한 영향을 미치고 있는 실정이다.

특히, 우리시대의 신한옥은 삶을 담아내는 정주환경으로서 동시대적인 재해석을 통해 현대적인 공간과 전통적인 양식이 공존할 수 있는 새로운 건축으로 그 가능성이 실현되고 있다. 이미 유명한 한옥호텔이 국내외의 관심 속에 운영되고 있으며, 한옥동사무소, 한옥아파트, 한옥병의원 등 다양한 기능을 수용할 수 있는 신한옥 프로젝트들이 추진 중에 있다.

그런데, 건축분야에서 '한옥 르네상스'라는 부제의 워크샵을 개최할 정도로 증대되고 사회문화적 관심에도 불구하고, 한옥은 계획되고 만들어지는 과정에서 한국건축의 전통적인 생산방식에 국한되어 있어 산업화에 상당한 제약을 지니고 있다. 새로운 주거양식으로서 신한옥의 보급이라는 측면에서, 특정 장인들만의 정성적이고 경험적인 방식에 제한되어 있는 현재의 한옥 설계과정을 살펴볼 때 현대건축의 산업화된 생산시스템의 도입이 필요한 시점이다.

일정수준 이상의 수리기술자의 숙련도가 요구되는 도제방식의 한계를 벗어나, 인접한 도메인들의 협업

\*교신저자, 정회원, 경기대학교 건축학과 교수, 공학박사  
- 논문투고일: 2011. 02. 10  
- 논문수정일: 2011. 03. 11  
- 심사완료일: 2011. 03. 14

이 가능한 체계화된 정보모델을 공유할 수 있는 한옥 설계지원 정보시스템이 도입되어야 한다. 체계화된 설계지원이 가능한 한옥정보시스템을 위해서는, 건축물의 전 생애에 걸친 정보모델을 지향하는 BIM (Building Information Modeling)을 기반으로 하는 새로운 지능형 디자인 방법론을 적용할 수 있다. 2000년대 후반 현대건축에 도입되기 시작한 파라메트릭 기술을 활용하게 되면, 관습적인 한옥설계의 실무환경에 자동화된 생산기법을 도입하는 것이 가능해진다.

이에, 본 연구에서는 AEC/FM 분야에서 변화된 IT 환경으로서의 BIM 개념을 적용한 파라메트릭 디자인 방법론(Parametric & Associate Design)을 토대로, 한옥정보시스템을 위한 기초적 연구로서, 한옥 목구조 부재의 정보모델을 구축할 수 있는 새로운 파라메트릭 디자인 프로세스를 제안하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 전통적인 제작방식에 제한되어 있는 한옥의 설계 및 부재의 가공과정에 대해 산업화된 생산방식의 도입에 토대가 될 수 있는 새로운 한옥설계 방법론을 지향한다. 전통건축의 결구방식과 한옥의 공간구성원리에 맞춘 파라메트릭 디자인 프로세스를 제안하는 것이다. 한옥을 구성하는 개별적인 부재들이 상호 접합하는 이음부에 내재된 여러 가지 결구원리들을 분석하고, 다양한 접합방식에 대한 분류 및 유형화를 통해 한옥부재의 파라메트릭 상관관계를 정의할 수 있다. 파라메트릭 상관관계를 통해 본 연구에서는 개별 한옥부재들의 치수 및 형상 제약조건(Geometric & Dimensional Constraints)을 규정하고, 여러 한옥부재들이 서로 접합되는 복합부재들에 조립조건(Assembly Constraints)을 부여하도록 한다.

산업화된 생산방식의 도입을 위한 체계적인 한옥 설계지원 정보시스템을 위한 기초적 연구로서 본 연구는 다음의 구성을 따른다(Fig. 1).

- ① 디지털 기반 CAD/CAE/CAM 통합 프로세스 전반에 걸친 Parametric Technology의 현황조사 및 분석을 토대로 AEC/FM 분야에서의 적용방안 검토
- ② 한옥에 내재된 디자인의 논리적인 체계에 대한 검토를 통해 한옥목구조 유형을 논리적으로 기술할 수 있는 디자인 설정인자(design guide elements)를 규정
- ③ Gehry Technologies Digital Project, Autodesk Revit Architecture 등 상용 BIM 어플리케이션

- 을 활용한 파라메트릭 모델링
- ④ 한옥부재간의 상관관계와 결구방식에 기반한 지식기반 파라메트릭 방법론(knowledge-based parametric modeling)을 토대로 새로운 디자인 프로세스 제안
- ⑤ 구축되어지는 한옥부재 라이브러리 데이터의 검증을 위해 CAD/CAM 사전단계로서, DMU (Digital Mock-Up)에 따른 3D 프린터 부재샘플을 제작

Parametric & Associate Modeling 기술 현황조사 및 분석

한옥 목구조 유형의 디자인 설정인자 규정 및 논리적 기술

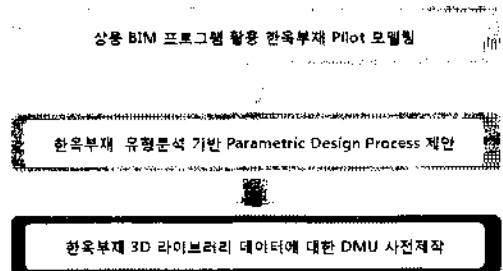


Fig. 1. 연구의 구성.

## 2. BIM 기반 파라메트릭 디자인

### 2.1 생애주기에 걸친 건축정보모델(BIM)

파라메트릭 기술을 활용하여 건축물 구성요소들 간의 정보를 파라미터를 통해 상호 연동시켜 양방향 피드백을 지향하는 최근 현대건축분야에서의 디자인 개념은 PLM(Product Lifecycle Management; 제품수명주기관리)을 토대로 한다.

제조업분야에서 제품의 기획, 설계, 생산 및 서비스에 이르는 수명 전 기간에 걸쳐 제품정보를 관리하고 관련분야 협력사들과 협업 프로세스를 지원하는 PLM은 디자인과 엔지니어링 및 생산의 과정이 통합된 CAD/CAE/CAM 시스템이다. 최초 제품의 요구사항으로부터 제품을 정의하는 데이터와 이에 적용된 세부 기술, 협업을 위한 방법론, 디자인과 생산을 연계하기 위한 연동 기술, 데이터/기술/방법론을 통합시켜 주는 프로세스 그리고 최종적인 사용자들 위한 제품 관리로 이해될 수 있는 PLM은 파라메트릭 기술에 근거하고 있다(Fig. 2).

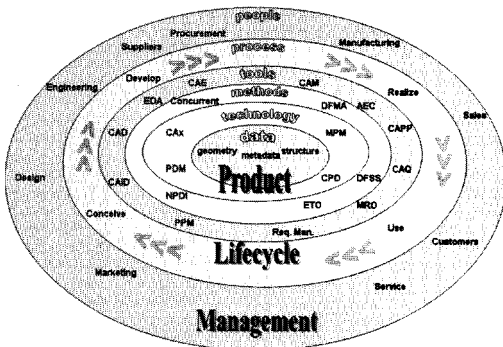


Fig. 2. PLM 디자인 프로세스 개념.

1990년대 중반 몇몇 건축프로젝트에서 제조업 분야 PLM의 기술적인 성과들을 활용한 실험적 시도들이 이루어지기 시작하였고, BIM이 본격적으로 도입된 2000년 이후 가능성이 활발히 논의되고 있다. (Eastman, 2008) 최근, 제조업과 건축/건설업의 산업 분야 차이를 고려하여, 대표적인 PLM 시스템인 CATIA를 BIM 시스템과 호환하여 사용할 수 있도록 패키지화시킨 Digital Project가 Gehry Technologies 사에 의해 출시되었다.

현재 건축분야에서 활용되고 있는 주요 프로그램들에 적용된 파라메트릭 기술의 구동원리를 살펴보면, Generative Component(for Bentley Architecture)와 Grasshopper(for McNeel Rhino3D)은 Graph-based 방식으로, Autodesk 3D MAX Design은 Stack-based 방식을, Gehry Technologies Digital Project와 Autodesk MAYA는 Associative History Parametric 기법을 사용한 어플리케이션으로 분류할 수 있다. 이에, 본 연구에서는 한옥 목구조의 파라메트릭 데이터 구축을 위해 Digital Project와 Revit Architecture를 사용하도록 한다.

2.2 파라메트릭 디자인 개념

체계적인 한옥설계 지원 정보모델을 위해서는 한국 건축의 구축방식과 조성원리를 고려하여, 공간구성요소 및 구축요소의 구분에 따른 여러 유형들을 분석하여야 하며, 이러한 유형화를 토대로 한옥을 구성하는 부재들의 파라메트릭 데이터를 구조화하여야 한다.

객체지향의 파라메트릭 기술을 한옥 설계과정에 활용하게 되면, 각각의 한옥부재들은 개별적인 part로 작업되어 단일 부재의 part 파일단위로 저장할 수 있다. 건물구성요소들이 결합된 건축물로서 한옥의 정보모델은 이들 개별 부재파일들을 데이터의 요구조건과

활용방안에 맞추어 component 혹은 project 라는 조합된 개념의 데이터 형식으로 구조화되어진다. 개별 부재를 정의하는 여러 파라미터들이 복합부재를 결합시키는 조립조건을 규정하는 변수역할을 함으로써, Bottom-up(최소 구성요소로부터 전체를 조합해나가는 방식)과 Top-down(상위 컴포넌트로부터 하위 part를 제어하는 방식)의 양방향 디자인이 가능해진다.

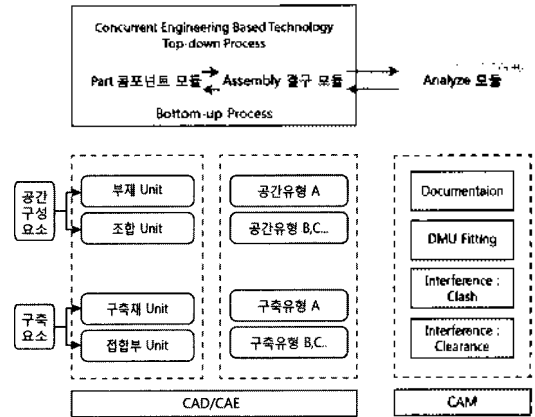


Fig. 3. 양방향 동시공학 기술에 근거한 파라메트릭 디자인 개념.

개별부재로부터 건축물 전체구성요소로 이어지는 동시공학 기술(concurrent engineering)에 기반한 일련의 프로세스에 의해, 디자인 과정 전반에 걸쳐 한옥 정보모델에 대한 통합적인 데이터 관리를 할 수 있게 된다. 개별 혹은 복합부재의 설계 도면정보를 추출(Documentation)할 수 있으며, 실제 부재가공에 앞서 시공성을 사전에 검토(DMU Fitting)하거나 부재들간의 상호 간섭을 확인(Interference: Clash, Interference: Clearance)해 보는 등 CAE/CAM 기반의 데이터 분석이 가능한 것이다(Schodek et al., 2005; Huang et al., 2007; Meredith and Sasaki, 2008) (Fig. 3).

파라메트릭 디자인 개념의 기반이 되는 형상 및 접합의 상관관계를 규정해주는 제약조건으로는, 길이, 거리, 각도, 반경 등을 조절하는 치수제약조건(dimensional constraints)과 위치고정, 수평/수직정렬, 점점, 평행관계, 직각관계, 중심정렬, 대칭정렬, 특정점맞춤 등의 기하학적 관계를 결정해주는 형태제약조건(geometric constraints) 그리고 점/선/모서리 위치일치, 면접촉, 점/선/모서리거리유지, 각도일치 등의 part 간의 접합위치를 지정해주는 접합제약조건(assembly constraints)이 있다(Fig. 4).

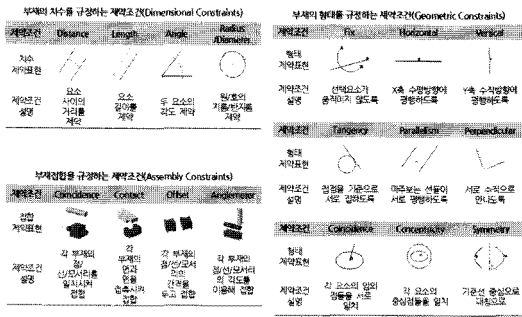


Fig. 4. 파라메트릭 관계를 규정하는 제약조건.

### 2.3 파라메트릭 데이터 표현체계

특정한 대상체를 3차원적으로 재현(representation) 해내는 디지털 모델링은 점과 선으로 외부의 형상만을 표현하는 Wireframe 모델링, 면 정보를 추가한 Surface 모델링 그리고 내부와 외부가 구분가능한 Solid 모델링으로 진화되어 왔다. 형상을 구성하는 여러 번 사이의 상관관계는 고려되지 않은 채 면들의 list만이 저장되는 Surface 모델과 달리, Solid 모델은 면들 사이의 상호 연결관계 및 내/외부 속성들이 추가적인 정보로 부여되어 있어서 형상의 부피 데이터를 산출할 수 있다. Solid 모델링에는 CSG(Constructive Solid Geometry), 2차원 단면형상에 의한 Sweeping과 Skinning, 이미 만들어진 형상을 국부적으로 수정하는 Rounding & Lifting, 형상을 규정하는 점, 선, 면을 직접 조작하는 Boundary Modeling, 특징형상기반(Featured-Based Modeling; 이하 FBM) 등의 기법이 사용된다(Pottmann et al., 2007).

이중에서 CSG 기법은 Solid 모델링에서 서로 인접되어 있는 객체(object)들의 부피연산이 가능하다는 것을 이용한 것으로, 다양한 기하학적 형상들의 여러 조합들을 통해 복잡한 형태도 모델링이 가능하다. 형상의 경계가 잘 정의된 기본형상(primitive)들을 조합하고, 서로 인접된 이 형상들을 합치고 빼내는 연산(Boolean Operations) 과정을 체계적인 위계형식(tree structure)으로 저장하여 복잡한 형태를 만들어내는 CSG는 데이터 구조가 간단하고 크기가 작으며, 직관적인 형태생성 및 수정이 쉽고, 경계표현모델(B-rep)로의 데이터 변환이 용이하다. 그렇지만, 기본형상들의 조합방식인 CSG 기반의 Solid 모델링에는 표현가능한 형상에 제약이 따르며, 화면표현(display)에 상당한 시간이 요구되는 한계가 있다.

반면, FBM은 특징형상(feature)으로 사전 정의된 객체들의 구조로서 임의의 part를 정의하는 CSG보다

진보된 Solid 모델링 기법이다. part가 모델링되는 순차적인 명령어 리스트인 history 기능을 통해, 필요에 따라 객체들 간의 특징형상 구조들을 서로 참조할 수 있다(Fig. 5).

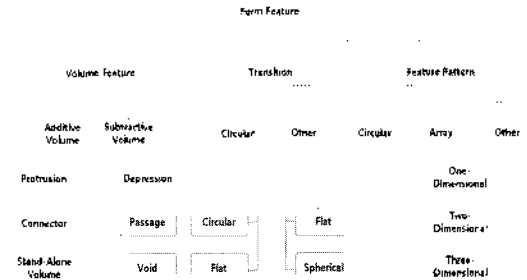


Fig. 5. FBM의 특징형상(Feature) 분류체계.

FBM는 CSG와 Sweeping의 조합을 기반으로 하면서도, 디자이너가 원하는 형상의 특징형상을 임의로 정의할 수 있다는 측면에서 이미 규정되어 있는 primitive만을 사용하는 CSG와는 다른 것이다(Shah & Mäntylä, 1995; Elliott, 2007). 따라서, 본 연구에서는 한옥부재의 결구방식과 조합원리를 고려하여, 한옥의 3차원 형상정보의 구축에 있어 접합부의 특성을 반영할 수 있는 FBM 기법을 활용하고자 한다.

## 3. 한옥목구조부재의 파라메트릭 데이터 구조

### 3.1 분석대상 건축물의 선정: 쌍계사 대웅전

한옥 목구조 부재의 파라메트릭 디자인 방법론을 적용하기 위한 분석대상 건축물로 하동 쌍계사 대웅전을 선정하고 BIM 기반 파라메트릭 설계기법을 적용한다. 충남 논산시 양촌면 중산리의 쌍계사는 신라 성덕왕 21년(722년)에 의상대사의 제자인 삼법화상이 육조 혜능대사의 정상을 봉안하고 난야를 세운 것으로 시조로, 조선시대 영조 15년(1739년)에 중건되었다. 본 연구의 분석대상 건축물인 쌍계사의 대웅전(보물 408호)은 1543년 유수승 혜수가 건립한 이후 인진왜란으로 소실된 것을 1632~1637년 사이에 벽암스님이 터를 옮겨 새로 지은 정면 5칸, 측면 3칸의 다포계 팔작지붕 건물이다(문화재청, 2007).

보수공사를 통해 개별부재에 대한 기본적인 형상과 복합부재의 결구방식에 관한 치수 및 도면이 정리된 문화재청의 쌍계사 대웅전 수리보고서를 토대로 금성건축의 2차원 CAD도면을 참조하여 사례연

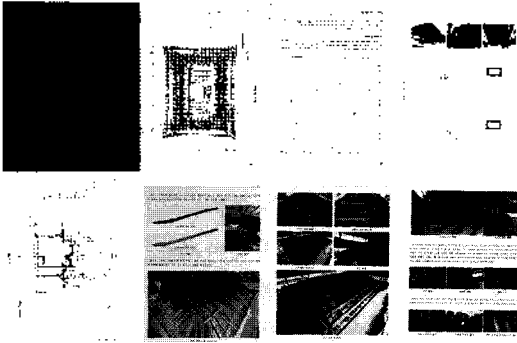


Fig. 6. 대응전 쌍계사 보수공사 수리보고서.

구를 진행하는 것이다. 본 연구에서는 한옥 목구조를 구성하는 개별부재들의 형상 및 치수는 물론 전통적인 결구방식에 의한 복합부재의 3차원적인 결구관계에 관한 상세한 고증자료(수리보고서 및 도면자료)를 고려하여 쌍계사 대응전을 분석 건축물로 선정하였다(Fig. 6).

3.2 한옥 목구조의 디자인 설정인자

본 연구에서는 디자인을 논리적으로 정의하는 디자인 방법론을 기반으로 한다(Stiny, 1999). 목구조유형의 다양한 양식이 두드러지는 측면방향의 단면형상을 대상으로 한옥의 목구조 축조원리, 즉 측면 단면의 결구방식에 대한 분석을 진행한다. 내부 기둥인 내주가 어디에 위치하는지와 해당 내주가 서까래와 어떻게 만나는지에 따라 여러 가지 목구조유형의 변화가 일어나기 때문이다. 한옥 목구조유형 디자인 설정인자 중 ‘측면단면평방형식(Composition of beams)’은 내주와 서까래를 연결해주는 평방부재(rafter beam)의 구성방식을 규정한다. 한옥의 측면단면에서 내주의 위치는 중앙등분, 내주없음, 내주위치기술의 3가지 중 하나로 지정할 수 있다. 이 중 내주위치와 관련하여서는 내주와 서까래를 연결하는 평방부재의 위치와 개수를 기술하는 것으로, 예를 들어, 한옥의 정면방향으로 서까래와 기둥을 연결하는 평방이 2개 있다면, ‘정면서까래평방2’와 같이 표현한다.

한옥의 측면 단면의 특성을 토대로, 평면적으로 건축물의 규모를 결정하는 정면칸수, 측면칸수, 정면간살이간격, 측면간살이간격과, 지붕구조체 및 입/단면형상을 규정하는 층수, 단면평방형식, 측면기둥개수, 기둥높이, 측면도리수평간격, 측면도리수직간격의 12 가지를 전통 목구조의 디자인 주요인자들(design guide elements)로 규정한다. 본 연구에서 제안한 디자

인 설정인자에서 정면기둥개수는 정면칸수인 x에 1을 더한 값으로 추출할 수 있으므로 별도의 input 변수에 포함하지 않으므로, 정면기둥개수 = x + 1가 된다. 규정된 디자인 설정인자에 따라 한옥 목구조 유형에 대한 파라메트릭 관계로 정의하도록 한다. 본 연구의 분석대상 건축물인 쌍계사의 설정인자에 대한 논리곱(Cartesian product)으로 정의하여 측면 단면의 축조 원리를 다음과 같이 기술할 수 있다(Table 1, Fig. 7).

Table 1. 쌍계사 대응전 목구조의 논리적 기술

<w, d, x, y, s, d, c, h, pw, ph, gh, e>	
= <5, 3, (3600, 3600, 3600, 3600, 3600), (2400, 3600, 2400), 1, (4-Rafter, front Sukkare Pyungbang 1, side Sukkare Pyungbang 1), 4, 4400, (900, 1100, 2300, 900), (930, 1200, 1200, 460), 1800, 2000>	

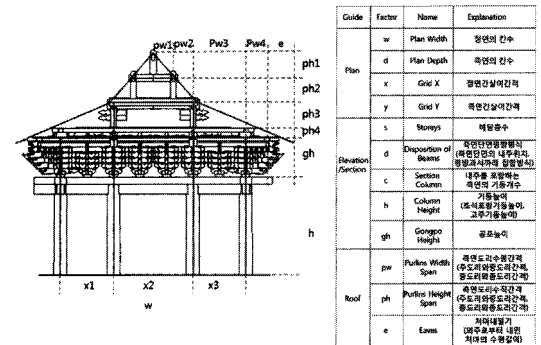


Fig. 7. 쌍계사 대응전의 측면 단면방향 다이어그램(좌측)과 한옥 목구조 디자인 설정인자(우측).

한옥 목구조유형 디자인 설정인자의 유효한 변수범위와 관련하여서는 공동연구기관(서울대, 경북대, 한남대, 전통문화학교)에서 기초적인 조사작업을 진행하고 있으며, 이후 조사대상 한옥들에 대한 체계적인 분석 및 검증과정을 거쳐 한옥 목구조유형 디자인에 적용가능한 유효값(최소 및 최대값)들을 도출하여, 향후 연구에서는 설정인자들의 유효범위를 제안할 예정이다(조재모 등, 2010; 김정현 등, 2010; 장필구 등, 2010).

3.3 한옥 목구조 부재들의 파라메트릭 관계도출

한옥의 목구조에 내재된 양식원리에 대한 앞 절의 분석을 통해 규정된 디자인 설정인자들은 주요 부재들의 3차원적인 위치를 결정짓는 참조점(reference planes/points)이 된다. 단면방향 단면을 중심으로 한옥 목구조 유형을 결정하는 이들 설정인자들이 위치정보의 기준으로서 한옥목구조를 구성하는 여러 부재들에

대한 파라메트릭 상대좌표를 제공해줄 수 있기 때문이다.

전통건축의 조형원리에 따라 한옥의 전체적인 건축물 규모에 결정적인 영향을 미치는 간살이를 고려하여, 본 연구에서는 한옥복구조에 대한 다음의 3가지 참조를 설정한다. 기둥을 기준으로 간살이에 해당하는 기둥 간격으로서의 Grid와 수평부재의 높이를 결정해주는 Level 그리고 개별적인 부재의 형상정보에 요구되는 치수를 Parameters로 참조하도록 한다. 이는 한옥부재들이 접합되는 목구조 결구방식과 내부공간의 구성원리에 따라 구분한 부재 unit, 구축재 unit, 조합 unit, 접합부 unit의 유형화에 근거하는 것이다 (Fig. 8).

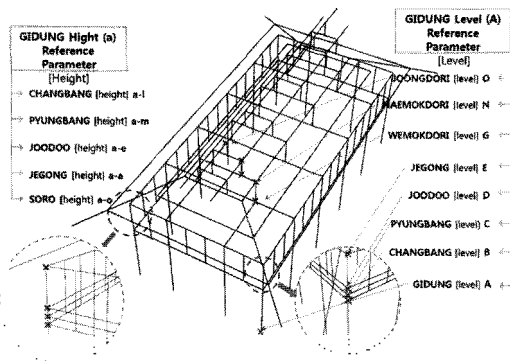


Fig. 8. 한옥 목구조 부재들 간의 참조 Level 설정 [쌓게사 대응전 예시].

복구조 유형의 설정인자들을 기반으로 지정된 Grid, Level, Parameter의 3가지 참조들에 대해 전통건축의 고유한 비례관계, 이음방식, 결구조건 등의 조형원리를 고려한 상대적인 위계관계를 부여하도록 한다. 한

옥부재의 형상을 정의하기 위한 치수정보는 상대적인 비례와 집합관계에 의해 일정한 함수관계를 부여한다. 즉, Parameter Reference의 기둥폭과 높이를, Level Reference의 기둥수평위치를 입력변수(input)로 설정함으로써, 모든 부재의 형상 및 치수제약조건에 요구되는 여러 파라미터들을 입력변수에 종속된 출력변수(output)로서 비례관계의 함수식으로 표현할 수 있다(Fig. 9).

### 4. BIM 기반 한옥 목구조의 파라메트릭 설계 프로세스

#### 4.1 파라메트릭 디자인 프로세스 구성

한옥목구조 부재들 간의 파라메트릭 관계를 논리적으로 이해하고 데이터 구조를 체계적으로 표현하기 위해, 본 연구에서는 종속관계의 위계와 정보의 흐름(parametric information chains)을 설명해주는 파라메트릭 정보체계도의 표기형식을 정하고(Fig. 10), 이에 맞추어 각 부재들의 상관관계 구조를 다이어그램으로 기술하고 있다(Fig. 12, 17).

본 절에서는 파라메트릭 종속관계로 이루어진 데이터의 정보흐름에 맞추어, 본 연구에서 제안하는 한옥 부재의 파라메트릭 디자인 프로세스를 다음과 같이 제시한다. (1) 디자인설정인자→(2) 유형구분→(3) 분류레벨1(복합부재구분)→(4) 참조설정→(5) 분류레벨2(단위부재구분)→(6) 2D좌도→(7) 3D모델링→(8) 속성연동→(9) 부속연산→(10) 단위부재파일생성→(11) 형상정보자동추출→(12) 부재접합→(13) 사전성형의 과정이다(박정대, 2010) (Fig. 11).

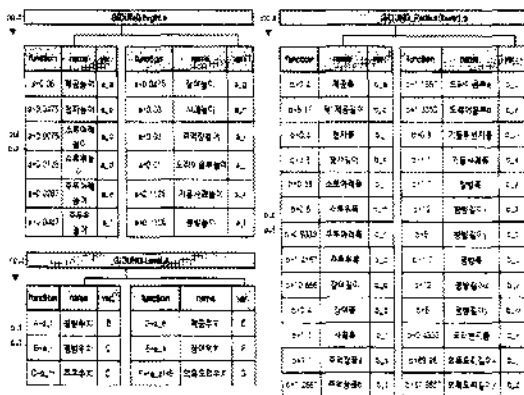


Fig. 9. 한옥 목구조 주요부재들의 Parameter 입력/출력 변수 [쌓게사 대응전 예시].

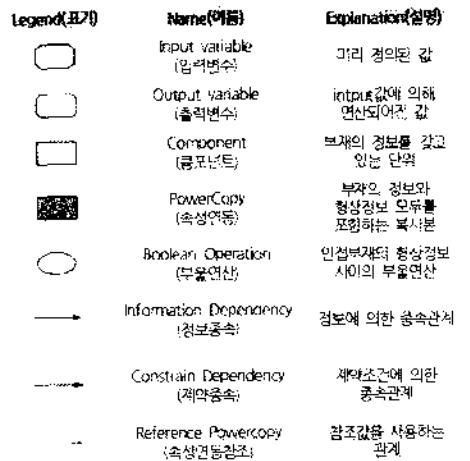


Fig. 10. 파라메트릭 정보체계도 표기형식.

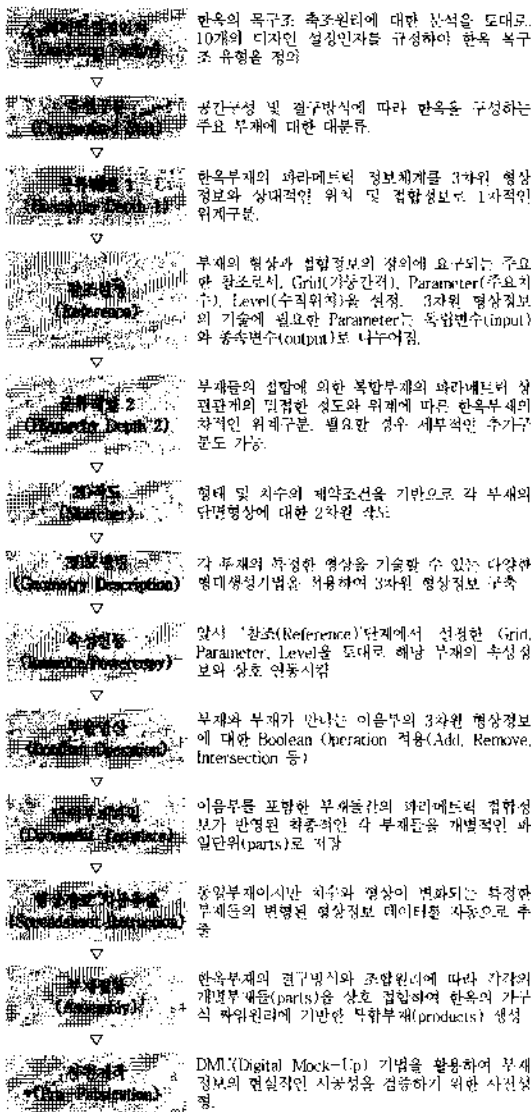


Fig. 11. 한옥부재 파라메트릭 디자인 프로세스.

4.2 파라메트릭 데이터 구조화

집합부의 파라메트릭 관계를 정의할 수 있도록 한옥 복구조의 정보모델은 부울연산(Boolean Operation) 방식을 적용하여 이음부와 구조체로 구분한다. 주요한 구조부재를 중심으로 구조체에 이음부를 추가(Add) 혹은 제거(Remove)하는 집합연산을 적용하여 한옥부재 데이터를 구축하도록 한다.

본 연구에서 한옥목구조 파라메트릭 디자인을 위해 적용하는 부울연산기법은 부재와 부재가 만나는 이음부에 대해 유사한 방식으로 적용이 가능하다. 한국건축에서 여러 부재들이 양각과 음각으로 서로 짜맞추

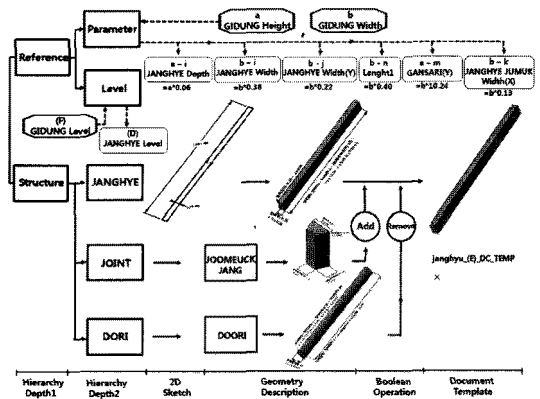


Fig. 12. 한옥부재의 파라메트릭 상관관계 구조화[장례 예시].

어지는 전통적인 절구방식인 가구식(짜임식) 구조에 따라 부재 이음부를 대상으로 부울연산을 진행한다. 수직부재인 기둥과 수평방향 보(beam) 부재인 창방이 서로 결합할 경우 기둥에 대해서는 제거연산을, 창방에 대해서는 부가연산을 적용하여 이음부에 대한 파라메트릭 상관관계를 부여한 후, 개별 부재별로 각각의 부재 라이브러리 데이터를 생성하도록 한다. 이음부를 정의하는 파라미터들은 서로 결합되어 있는 부재들과 속성연동을 통해 상관관계 정보들이 연계되어 있어 파라미터의 변수범위 내에서는 부재형상에 대한 자동적인 변형이 가능하다(Fig. 12).

전통 목구조 유형의 주요 특징 중 하나인 공포부분 부재에 대해 주요 이음부 유형(주머장, 사계, 도리이

Units	Geometry	Category	Element	Subtype	Parameter Name	Value	Variable	Assembly ID#
기둥	Janghye-A	Joomeuckjang	Family	S.F. Width	390	1	390	Changbong & Pyungbong
				S.F. Height	390	1	420	
				S.F. Depth	390	1	390	
기둥	Janghye-B	Sagwan	Family	S.F. Width	390	1	390	Joodeo
				S.F. Height	390	1	390	
				S.F. Depth	390	1	390	
기둥	Janghye-C	Dori Janghye	Family	S.F. Width	480	1	480	Dori
				S.F. Height	400	1	400	
				S.F. Depth	400	1	400	
창방	Janghye	Family	S.C.F. Janghye/Joomeuck	S.C.F. Height	390	1	390	Changbong
				S.C.F. Depth	480	1	480	
				S.C.F. Width	480	1	480	
창방	Structure	Changbong	Family	S.C.F. Width	330	1	330	Gokung
				S.C.F. Height	450	1	450	
				S.C.F. Length	360	12		
창방	Structure	Pyungbong	Family	E.P.F. Width	330	1	330	Changbong
				E.P.F. Height	900	1	900	
				E.P.F. Length	900	12		
창방	Janghye-A	Joomeuckjang	Add	S.F. Width/Joomeuck	390	1	390	Pyungbong
				S.F. Height/Joomeuck	420	1	420	
				S.F. Depth/Joomeuck	390	1	390	
창방	Janghye-B	Sagwan	Remove	S.F. Height/Joomeuck	390	1	390	Joodeo
				S.F. Depth/Joomeuck	390	1	390	
				S.F. Width/Joomeuck	390	1	390	
창방	Structure	Janghye	Family	S.F. Height	180	4	180	Joodeo
				S.F. Depth	120	25		
				S.F. Width	240	350		
창방	Structure	Janghye	Remove	S.C.F. Height	180	16	1600	Janghye
				S.C.F. Depth	120	25		
				S.C.F. Width	240	350		

Fig. 13. 한옥 목구조 주요 복합부재의 집합상관관계 정의[장례시 대응전 결합부 예시].

음부)에 따라 각 부재들의 연결부를 위한 상관관계를 정의하여 쌍제사 대응전의 목구조의 파라메트릭 데이터를 구조화한다(Fig. 13).

**4.3 데이터의 추출 및 파라메트릭 변형**

전통건축에서 한국적인 미가 두드러지는 수려한 지붕구조의 설계에서 파라메트릭 디자인은 매우 중요한 프로세스의 혁신을 가져올 수 있다. 평면과 입면 모두에서 곡선을 지니는 3차원 곡면의 한옥 지붕형상은 공간적인 위치를 상대적으로 설정해주어야 한다. 한옥 목구조 설정인자로서 측면도리를 참조 레벨로 설정하고, 일정한 간격의 서까래 부재를 정렬시킬 곡선상의 위치를 등분점들을 생성하여 이를 기준으로 서까래부재 데이터를 삽입하도록 한다.

그런데, 한옥의 곡선미가 두드러지는 부채살 모양 선사서까래는 배의 노와 같은 형태로 위와 아래, 좌와 우측으로든 휘어지는 상당히 복잡한 형상의 부재이므로, 3차원 지붕곡면의 형상에 맞추어 각 서까래 부재의 길이와 단면형상이 달라져야 한다. 또한, 부재의 가공측면에서 보면, 선사서까래의 뒤쪽은 아주 얇고 뾰족하게, 갈모산방에 올려지는 부분은 각 부재마다 서로 다른 각도로 깎아주어야 한다.

따라서, 치목에 필요한 모든 치수를 기록하고 까나로운 수리와 어려운 작업을 거쳐야 하는 선사서까래의 전통적인 방식을 대신하여 파라메트릭 방법론을 적용하게 되면, 동인부재이지만 형태가 달라지는 부재의 변화된 형상 및 길이를 자동으로 생성해낼 수 있으며, 추출된 부재의 속성정보를 토대로 시공성 검증을 위한 사전성형 프로세스로 남길 수 있다(Fig. 14).

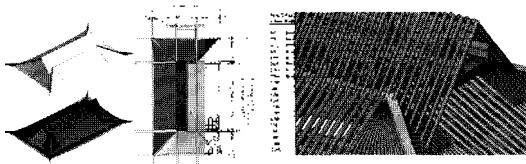


Fig. 14. 지붕의 기하학적 형상으로부터 서까래 생성(좌측)과 길이가 변화되는 상부서까래 데이터의 자동추출(우측)[쌍제사 대응전 예시].

현재, 한옥의 축조방식은 하부구조체를 설치한 후 대목수의 감각적인 경험치에 의해 현장에서 지붕구조체를 잡아가면서 상부서까래의 길이를 실측해내는 방식이다. 따라서, 형상이 변화되는 부재의 치수정보를 디자인 단계에서 미리 추출해 낼 수 있는 본 연구의 방법론은 전통적인 한옥축조방식의 현대화를 위한 방

안으로 적용이 가능할 수 있다.

한옥목구조에 대한 본 연구의 파라메트릭 디자인 방법론은 최소의 단위부재의 치수 및 형상 제약조건으로부터 이들이 짜맞추어진 이음부를 포함한 복합부재의 접합조건에 이르기까지 모든 변수들이 전통건축의 조형원리에 맞춘 함수관계에 따라 서로 속성연동되어 진다. 한옥 설계조건에 맞추어 입력변수를 변화시킴으로써 관련된 부재의 파라미터 정보가 업데이트되면서 전체 목구조형상을 실시간으로 수정할 수 있으며, 건축정보모델에 대한 자동적인 정보변경을 통해 설계 프로세스의 효율성을 재고할 수 있다(Fig. 15).

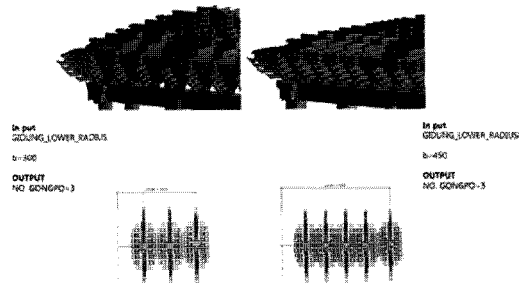


Fig. 15. 입력변수(input)의 변화에 의한 파라메트릭 변형[쌍제사 대응전 예시].

**4.4 검증모델로서의 사전제작**

한옥 목구조부재에 대한 파라메트릭 디자인 프로세스의 마지막 단계는 모델링된 3차원 라이브러리의 실질적인 시공성을 테스트하기 위한 사전 검증과정에 해당한다. 이는 실제 부재를 가공하게 될 CNC 공정의 사전단계로서 DMU 기법을 적용한 CAD/CAE/CAM의 통합 프로세스로 이해될 수 있다.

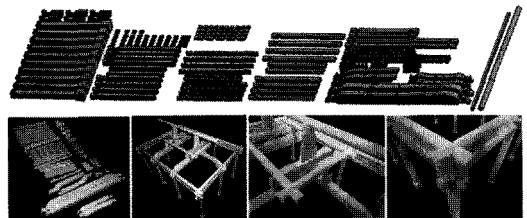


Fig. 16. 단위부재들이 건구된 집합부(Assembly)사전확인용 위한 검증모형(check model) [예천편세 범당 예시].

본 연구에서는 한옥 목구조의 개별부재 디지털 모델로부터 실물모형의 검증모델(check model)을 제작하기 위해 신속조형(Rapid Prototyping: RP) 기법을 적용하도록 한다. 상용 BIM 어플리케이션에서 시뮬



모델링된 정보를 STL(stereolithography) 형식으로 변환시켜 3D 프린팅 장비를 통해 개별 부재들을 사전제작하는 것이다. 이를 통해 한옥 목구조의 단위부재들이 절구방식에 의해 서로 접합되는 이음부에 관한 라이브러리 데이터의 유효성을 확인해볼 수 있다(Fig. 16).

## 5. 결 론

한옥설계지원에 따른 새로운 파라메트릭 디자인 프로세스를 제안하기 위한 본 연구는 분석대상 건축물인 쌍계사 대응전을 대상으로 한옥의 목구조 부재에 대한 파라메트릭 기반 데이터 구조체계를 도출하였다(Fig. 17). 건축물 전 생애주기에 걸친 AEC/FM 산업의 환경변화와 함께 CAD/CAE/CAM 분야에서의 파라메트릭 기술을 융합시키려는 본 연구는 한옥설계의 협업과정에서 활용할 수 있는 파라메트릭 디자인 방법론을 적용한 것이다. 기본적인 최소 부재로부터 조합해가는 Bottom-up과 임의의 유형으로부터 개별 부재단위로 연결되는 Top-down의 동시공학에 기반하여 양방향으로 디자인 피드백이 가능한 한옥설계의 새로운 방법론을 지향한다.

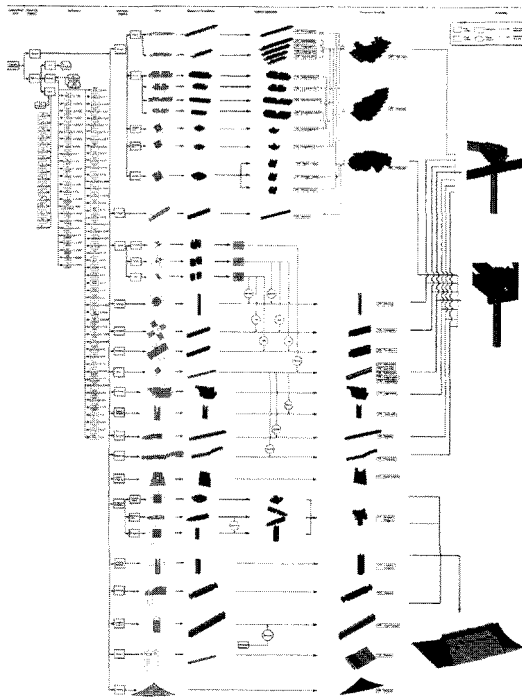


Fig. 17. 한옥 목구조 주요 부재의 디자인 프로세스별 파라메트릭 데이터 구조체계 도출[쌍계사 대응전 예시].

관련분야의 전공자는 물론 최근 일반 대중으로까지 점차로 확대되고 있는 한옥에 대한 사회적 관심에도 불구하고, 한국건축의 설계과정은 특정한 전문가 그룹인 장인들에게만 제한되어 있는 한옥설계 실무환경의 현실적인 측면을 고려할 때, 한옥부재에 대한 BIM 기반의 체계적인 라이브러리를 제공하기 위한 본 연구는 한옥의 대중화와 산업화를 위한 기초적 연구로서의 의미를 지닌다. 특히, 현재 기획단계에 있는 한옥분야 통합정보 시스템에 활용할 수 있는 한옥부재 BIM 기반 DB 구축을 위한 기술적인 기반이 될 수 있다.

나아가, 본 연구에서 제안된 한옥목구조 주요 부재의 파라메트릭 디자인은 한국건축의 전통적인 절구원리를 기반으로 접합되는 부재들의 상관관계를 정의한 새로운 디자인 방법으로서, 현대적인 의미의 신한옥을 위한 설계지원 프로세스에 적용할 수 있을 것이다. 또한, 향후 구축예정인 한옥통합정보센터를 통해 신한옥 산업의 효율성 및 경제성을 재고할 수 있으며, 우리의 문화적 정체성을 현대적으로 계승한 신한옥의 대중화에도 주요한 토대가 될 수 있을 것으로 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구지원(10 첨단도시 B01)으로 ‘한옥건축 통합정보시스템 및 3차원 한옥부재 라이브러리 구축’ 과제의 일환으로 수행되었음을 밝히며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 문화재청, 하동 쌍계사 대응전 수리보고서, 문화재청, 2007.
2. 박정대, “파라메트릭 디자인 프로세스에 관한 기초적 연구,” 디지털디자인학연구 논문집, 2010.
3. 김정현, 전봉희, “한옥의 파라메트릭 모델링 체계와 방법에 관한 기초적 연구,” 한국건축역사학회 춘계 학술발표대회 논문집, 2010.
4. 장필구, 김수범, 전봉희, “한옥 BIM을 위한 한옥공간요소의 유형화 및 상관관계 도출,” 한국주거학회 학술발표대회 논문집, 2010.
5. 조재모, 박진기, “BIM 기반 한옥 구축요소 설계 및 모델링 프로세스의 제안,” 한국건축역사학회 춘계 학술발표대회 논문집, 2010.
6. Cardoso Llach, Daniel, “A Generative Grammar for 2D Manufacturing of 3D Objects,” MS Thesis, MIT, 2007.
7. Chen, Y., Ariffin, S. I. and Wang, M., “The Typo-

logical Rule System of Malay Houses in Peninsula Malaysia," *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2008.

8. Eastman, C. *et al.* BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, Wiley, 2008.

9. Elliott, Jason H., "An Automated Approach to Feature-Based Design for Reusable Parameter-Rich Surface Models," CAD & Applications, 2007.

10. Huang, T., Kong, C. W., Guo, H. L., Baldwin, A. and Li, H., "A Virtual Prototyping System for Simulating Construction Processes," *Automation in Construction*, 2007.

11. Hudson, Roly. "Frameworks for Practical Parametric Design in Architecture," 26th eCAADe, 2008.

12. Kilian, A., "Design Exploration through Bidirectional Modeling of Constraints," PhD Thesis, MIT, 2006.

13. Kim, B. C. and Han, S. H., "Integration of History-based Parametric Translators Using the Automation APIs," *Int. J. Product Lifecycle Management*, Vol. 2, No. 1, 2007.

14. Madkour, Yehia and Neumann, Oliver, "Emergent Programmatic Formation: Parametric Design Beyond Complex Geometries," VDM Verlag, 2009.

15. Meredith, M., Aranda-Iasch and Sasaki, M., From Control to Design: Parametric/Algorithmic Architecture," Actar, 2008.

16. Ongkodjojo, S. and Gunawan, H., "3D Parametric Modeling for Product Variants with Study Case on Flatbed Conveyor," Technosim 2006.

17. Papanikolaou, Dimitris, "An Integrated Environment for Design & Production of Assemblies," 12th SIGraDi, 2008.

18. Pottmann H., Asperl, A., Hofer, M. and Kilian, A., *Architectural Geometry*, Bentley Institute Press, 2007.

19. Schodek, D., Bechthold, M., Griggs, J. K., Kao, K. and Steinberg, M., "Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in Architecture and Design, John Wiley & Sons, Inc., 2005.

20. Shah, J. J. and Mäntylä, Martti, *Parametric and Feature Based CAD/CAM; Concepts, Techniques and Applications*, Wiley-Interscience, 1995.

21. Stiny, George, *Commentary: Shape, Environment and Planning B*, 1999.

22. Teoh, S. T., "Generalized Descriptions for the Procedural Modeling of Ancient East Asian Buildings," *Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging 2009*.

23. Woodbury, Robert, "Elements of Parametric Design, Routledge, 2010.



**박 정 대**

1995년 서울대학교 건축학과 학사  
 1997년 서울대학교 건축학과 석사  
 2005년 서울대학교 건축학과 박사  
 2005년~2009년 호서대학교 건축학과  
 조교수  
 2009년~현재 경기대학교 건축학과 조  
 교수  
 관심분야: Architectural CAD, Design  
 Methodology, BIM, Knowledge-  
 based Engineering, Computational  
 Geometry, Digital Manufacturing