

# 비정형 파라메트릭 건축부재형성 및 BIM 데이터 변환 프로세스 모델에 관한 연구

유정원  
선문대학교 건축사회환경학부

## A Study on Evaluation Index of the Panelizing Optimization for Architectural Freeform Surfaces

Jeong-Won Ryu

Division of Architecture, Architectural Engineering and Civil Engineering, Sunmoon University

**요 약** 국내 AEC 산업 분야에 2000 년대 중반부터 그 적극적인 도입이 시작된 BIM 기술은 최첨단 건축, 초대형 건축, 비정형 건축 등을 중심으로 그 도입이 가속화 되어 왔다. 건물 구축 기술의 부족으로 인해 완공률이 낮았던 비정형 건축물들이 BIM 기술의 도입으로 많은 구축 성공 사례가 생기면서 건축가들이 비정형 건축 설계에 활발히 도전하고 있다. 그러나 비정형 설계가 가능한 모델러들은 설계, 시공, 유지관리 등에서의 데이터 관리가 효율적인 BIM 데이터의 구축이 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 비정형 모델러에서 생성된 건축 부재 데이터의 BIM 데이터로의 변환 프로세스를 제안하였다. 제안된 프로세스 모델은 비정형 건축 부재를 형성하기 위한 형성 조건 수신부, 건축부재 생성부, 그리고 BIM 데이터 생성부 세 가지 부분으로 구성된다. 구체적으로는 NURBS 기반 모델러에서 비정형 슬라브, 기둥, 보 파라메트릭 건축 부재 형성과 BIM 도구로의 데이터 전이 및 BIM 건축 부재 데이터 형성을 위한 프로세스 모델을 제안하며, 이를 실현하기 위한 프로토타입 시스템이 구현되었다.

**Abstract** BIM technology has been used in the domestic AEC field since the middle 2000s. BIM has proved its worth in cutting-edge buildings, mega-buildings and freeform buildings in particular. Many freeform buildings could not be completed due to the low level of construction technique. However, many successful cases emerged after adopting digital technology, including BIM which encouraged architects to challenge freeform designs. The modeling software that can generate the freeform shape are not usually able to build the efficient BIM data type in the AEC industry. In this study a process model of the parametric freeform construction member generation and conversion to BIM data is shown and the prototype system is demonstrated.

**Keywords** : Freeform buildings, BIM, Data Conversion, Parametric

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

1970년대에 개념이 도입된 건설정보모델링(Building Information Modeling, 이하 BIM)은 2000년대 중반부터 국내 AEC 산업분야에 적극적으로 도입되기 시작하

였다. BIM이란 건축 기획, 설계 단계에서부터 시공, 유지관리까지 AEC 및 FM 산업 전반에 걸쳐 건설 프로젝트 생애주기 동안에 발생하는 모든 정보 및 프로세스를 포괄하는 개념이다. BIM은 특히 기존 2D 설계도면 방식으로는 현장 시공 및 부재 제작 등을 위한 정확한 데이터 확보에 어려움이 있는 복잡한 형태의 건축, 초대형

\*Corresponding Author : Jeong-Won Ryu (Sunmoon Univ.)

Tel: +82-41-530-2310 email: jwryur@sunmoon.ac.kr

Received December 16, 2016

Revised December 26, 2016

Accepted January 6, 2017

Published January 31, 2017

건축, 최첨단 기술을 요하는 건축, 비정형 건축 등에 그 도입이 가속화 되어 왔다. 이러한 BIM 기술의 도입은 2차원 도면정보와 도서를 기반으로 하는 설계정보의 개념을 3차원 설계형상정보 및 비형상정보의 통합체로 변화시키고 있다.

이러한 BIM 기술의 발전과 더불어 시공, 구조 기술 등의 발달로 인해 형태 생성에만 그친 사례가 많았던 비정형 건축 또한 최근에 구축 성공 사례가 많이 생기고 있다. 이러한 점은 건축가들이 비정형 건축 설계에 활발히 도전하는 계기를 마련하고 있지만, 여전히 비정형 건축 설계 데이터를 비정형 건축의 품질이 확보되는 BIM 데이터로 구축하는 데에는 어려움이 많다. 그 이유 중 한 가지는, 국내에서 주로 사용되는 BIM 도구들(대표적인 예: Revit, ArchiCAD)로는 건축가가 원하는 자유로운 비정형 형태의 구현에 한계가 있기 때문이다. 또 다른 이유는, 자유로운 형태생성을 위해서 많이 사용되고 있는 NURBS(non-uniform rational B-spline)기반 모델러(자유로운 3차원 곡면형상의 구현이 가능하며 대표적인 예로는 Rhinoceros, 3ds Max 등이 있음)에서 디자인된 건축 형상 객체는 BIM 데이터가 아니므로 BIM 데이터 생성을 위해서는 BIM 도구로의 데이터 변환을 위한 별도의 추가 작업 또는 BIM 모델로의 재구축이 필요하기 때문이다. NURBS 기반 모델러의 한 종류인 Rhinoceros(이하 Rhino)는 형태생성의 용이함뿐만 아니라 도면생성 및 CAD 시스템과의 호환이 가능한 장점이 있지만, 시공 및 부재제작을 위한 정확한 데이터를 생성하거나 대규모의 프로젝트에서 많은 양의 데이터를 관리하기에는 그 시스템적인 한계가 존재한다. 그러므로 이러한 한계를 극복하기 위해서는 BIM 데이터로의 변환 또는 BIM 모델로의 재구축이 필요하다[2].

이에, 본 연구에서는 비정형 건축 설계의 효율성을 증가시키고, 비정형 건축 부재의 생산성 및 시공성을 향상시키기 위하여 NURBS 기반 모델러에서의 비정형 파라메트릭 건축부재 형성과 이의 BIM 데이터로의 자동 변환 프로세스 모델을 제안하고 프로토타입 시스템을 구현하고자 한다.

## 1.2 연구 방법 및 범위

본 연구는 파라메트릭 기법을 이용한 비정형 건축부재형성 단계, 형성된 건축부재의 BIM 데이터 구조 구성 및 BIM 도구로의 데이터 자동 변환 단계를 포함하는

프로세스 모델을 구축하고, 이에 기반한 프로토타입 시스템을 개발하여 제안된 프로세스 모델을 실현하는 과정으로 구성된다. 본 연구에서의 건축부재의 구체적인 범위는 비정형 슬라브, 기둥, 보 세 가지이며, 기둥 및 보 부재의 경우, 연구의 BIM 도구로 선택한 ArchiCAD에서 수용할 수 있는 비정형 부재 형태의 한계가 있으므로 이에 따른 곡선 기둥 및 원형 보 생성은 본 연구범위에서 제외되었다.

비정형 파라메트릭 건축부재형성을 위한 비정형 객체 및 부재형성 모델링은 NURBS 기반 모델러인 Rhino에서 구현되었으며, 부재 형성 조건값의 입력과 파라메트릭 모델링 구현 및 부재 데이터 구조 익스포트(export) 프로세스는 Grosshopper(이하 GH) in Rhino를 기반으로 구현되었다. 또한 슬라브, 기둥, 보 부재의 BIM 데이터 생성은 ArchiCAD 시스템의 API(Application Program Interface) 기반 C++로 구현되었다.

## 2. 기존 연구 및 현황 고찰

### 2.1 기존 연구 고찰

국내 BIM 관련 연구는 국내 건설 산업에 BIM이 본격적으로 도입되기 시작한 2000년대 후반부터 그 수가 꾸준히 늘고 있다. 비정형 건축 디자인에 관한 연구 또한 디지털 기술 및 다양한 시공 및 부재제작 기술의 발전으로 인하여 IT 기술과 접목한 연구들이 이루어지고 있다. <Table 1> 이와 관련한 연구동향을 살펴보면, 파라메트릭 기법을 이용한 비정형 건축 설계, BIM 기반 비정형 설계 방법론 및 설계협업 방안, 비정형 디자인 프로세스, 비정형 디자인을 위한 IDM 개발, 비정형 곡면의 패널 분할기법 또는 알고리즘, 친환경 분석을 위한 BIM 활용 등에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 즉, 본 연구에서 제시하고 있는 비정형 건축 디자인과 BIM 데이터 형성이라는 두 가지 관점에서 각각에 대한 연구는 일부 이루어지고 있지만, 디자인 데이터의 BIM 데이터로의 전이에 관한 통합적인 연구에 대한 유사사례는 없는 실정이다. 이러한 맥락에서, 비정형 건축 디자인 과정에서 파라메트릭 기법을 이용한 건축부재 형성과 이의 BIM 데이터로의 자동변환 모델을 제안하는 본 연구는 기존 연구들과는 차별성을 지닌다.

Table 1. Research trends in BIM and freeform design

Author (year)	Summary	Keywords
Eigensatz et al. (2010)[3]	Paneling algorithm and evaluation to minimize panel production cost of architectural freeform surfaces	freeform, rationalization, optimization
Im et al. (2013)[4]	parametric design methodology to form generation and descriptive representation for curved shaped skyscrapers using Knowledge-ware scripts	parametric design process, BIM, form generation
Kim (2016)[5]	Suggestion of the BIM-based method to improve the photovoltaic generation system design	BIPV, BIM, freeform, parametric algorithm
Kim (2012)[6]	Development of a freeform super tall building design process by parametric design approach using BIM tool	BIM, freeform, super tall building, parametric design
Moon (2014)[7]	An efficient design collaboration method of participants-oriented BIM-based freeform architecture	BIM, freeform, collaboration, network analysis,
Ryu (2012)[11]	A panelizing evaluation model, a panel BIM data conversion model, and prototypical system of them for architectural freeform surfaces	freeform surfaces, panelizing, optimization, BIM
Shelden (2002)[8]	An analysis and framework for the description of Gehry's geometry is developed through existing theory of differential geometry and topology	digital surface representation, constructibility
Yoon (2012)[9]	Suggestion of a non-sequential architectural modeling process in the analysis of topological structure by topological concrete concept	topology, parametric, BIM, digital architecture

2.2 비정형 건축 BIM 데이터 변환 프로세스

비정형 건축 설계시 건축 형태생성 단계부터 BIM 데이터를 구성하기 까지의 디지털 프로세스 현황을 살펴보면 <Fig. 1>과 같다.

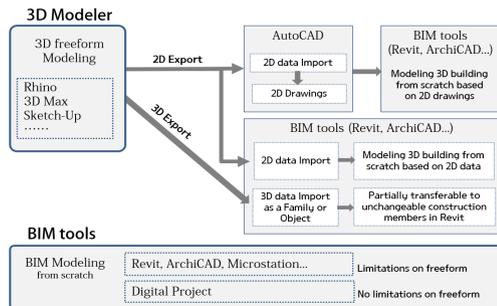


Fig. 1. Current freeform design digital process

비정형 디자인의 형태 표현이 용이하고 초기 데이터부터 BIM 데이터가 확보 가능한 BIM 시스템은 국내 설계사무소에서 사용법이나 비용면에서 쉽게 접근하기 힘든 Catia 기반의 Digital Project가 있다. 이 외의 대다수

BIM 도구들(Revit, ArchiCAD 등)은 BIM 데이터의 생성 도구들이지만 비정형태의 건축부재를 생성하는데 많은 한계점들을 가지고 있다. 이러한 이유로 많이 사용되고 있는 NURBS 기반 3D 모델러들의 경우, 형성된 비정형태의 3D 모델은 건축부재로 인식되는 것이 아니므로 이를 건축 데이터화 하기 위해서는 추가적인 전이 작업이 필요하다. 이를 위한 방법은 <Fig. 1>에서 보는 것과 같이 2D 데이터로 전이하는 방법이 있고, 또 하나는 3D 데이터로 전이하는 방법이다. 첫 번째, 2D 데이터로 전이하는 경우, AutoCAD 등에서 2D 도면화 과정을 거친 후, BIM 도구로 2D 도면 데이터를 전달하여 이를 기반으로 별도의 3D BIM 모델링 과정을 거치게 되거나, 직접 BIM 도구에서 전이받은 2D 데이터를 기반으로 별도의 3D BIM 모델링 과정을 거치게 된다. 두 번째, 3D 데이터로 전이하는 경우, BIM 도구에서 전이받은 3D 데이터는 BIM 내부의 패밀리 또는 객체로 변환하게 된다. 이때, 레빗에서는 일부 건축부재로 다시 변환할 수 있는 여지가 있으나, 이 경우 일반적으로 매개변수를 가지는 변용 가능한 건축 객체가 아니라는 한계점을 지닌다.

3. 비정형 건축부재형성 및 BIM 데이터 변환 프로세스 모델

본 연구에서 제안하는 비정형 건축부재형성 및 BIM 데이터 변환 프로세스 모델은 <Fig. 2>와 같이 비정형 건축부재를 형성하기 위한 형성 조건 수신부, 건축부재 생성부, 그리고 BIM 데이터 생성부 세 가지 부분으로 구성된다. 이들 중 첫 번째, 두 번째 단계는 파라메트릭 부재형성을 위한 GH와 3D 모델러인 Rhino에서 모델링이 구현되며, 마지막 단계인 BIM 데이터 생성부는 BIM 도구인 ArchiCAD의 API에서 구현된다.

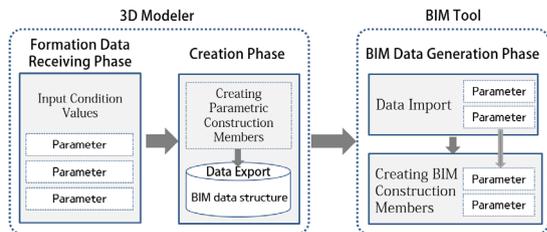


Fig. 2. Process Model for Parametric Free-form BIM Construction Member Data

### 3.1 비정형 슬라브 BIM 데이터변환 프로세스

비정형 슬라브 부재형성 및 BIM 데이터로의 변환 프로세스는 다음과 같이 크게 3 부분으로 구성된다. 첫째, 슬라브 외곽선 추출대상 객체 선택 및 슬라브 형성조건을 입력하는 슬라브 형성조건 수신부, 둘째, 비정형 건물 외곽의 3차원 곡면 또는 2차원 곡선으로부터 슬라브의 외곽선을 추출하여 슬라브 부재를 형성한 후, 슬라브 부재 데이터 구조 생성 및 익스포트하는 슬라브 부재 형성부, 셋째, 전이된 슬라브 데이터 구조를 이용하여 슬라브 객체를 구축하여 슬라브 BIM 데이터를 생성하는 슬라브 BIM 데이터 생성부로 구성된다.

#### 3.1.1 슬라브 형성조건 수신부

슬라브 형성조건 수신부는 슬라브 외곽선 추출대상 객체 선택 및 슬라브 형성조건 입력과정으로 구성된다. 외곽선 추출대상 객체는 3D 곡면 객체와 2D 외곽선 객체로 그 종류가 구분되고, 객체 선택의 과정을 거치며, 형성조건 입력항목은 층고, 외곽 다중선 분할수, 최하층 바닥레벨(z값), 슬라브 두께, 건물의 층수 정보를 포함한다.

#### 3.1.2 슬라브 부재 형성부

슬라브 부재 형성부는 슬라브 부재 형성과정과 슬라브 데이터 구조 익스포트과정으로 구성되며, 슬라브 부재 형성과정은 다시 비정형 건물외곽 3D 곡면을 이용한

슬라브 부재형성과정인 ‘3D곡면 분할에 의한 다층 슬라브 부재형성과정’ 및 슬라브의 2D외곽선을 이용한 슬라브 부재형성과정인 ‘복제에 의한 다층 슬라브 부재형성과정’으로 구성된다.

3D곡면 분할에 의한 다층 슬라브 부재형성과정은, 다시 세부적으로 슬라브 외곽선 추출과정과 슬라브 부재형성과정으로 나뉘어 구성된다. 첫째, 슬라브 외곽선 추출과정에서는 층의 구분이 없는 NURBS 곡면 또는 메쉬 형태의 표피를 비정형 건물 외피로 정의하고 이들로부터 건물 구조체인 슬라브를 추출하여 형성하기 위하여 주어진 파라미터 정보인 층 구분 조건에 의해 층별 구분 정의가 먼저 수행되며, 이를 위해 먼저 정의되어야 할 GH 파라미터 정보는 최하층의 바닥 레벨 값과 건물의 층수, 층고 값이 된다. 이 세 가지 정보를 이용하여 각 층의 위치 데이터인 층정보 리스트를 형성하고, 이를 기반으로 계산된 해당 각 층 위치에 최하층부터 각층의 바닥평면(plane)을 생성하며, 외피 곡면과 생성된 각 층별 평면과의 교차 외곽선인 슬라브 외곽선을 추출하도록 구성된다. 둘째, 슬라브 부재 형성과정은 슬라브 형성조건 수신부로부터 입력된 슬라브 두께를 포함하는 슬라브형성조건과 추출된 슬라브외곽선 정보를 기반으로 Z벡터 방향으로 3D 돌출(extrude)과정을 거쳐 최하층 3D 슬라브 부재가 생성되며, 상기 처리과정을 각 층별 위치에 반복 수행하는 것에 의해 다층 3D 슬라브 부재를 생성한다.

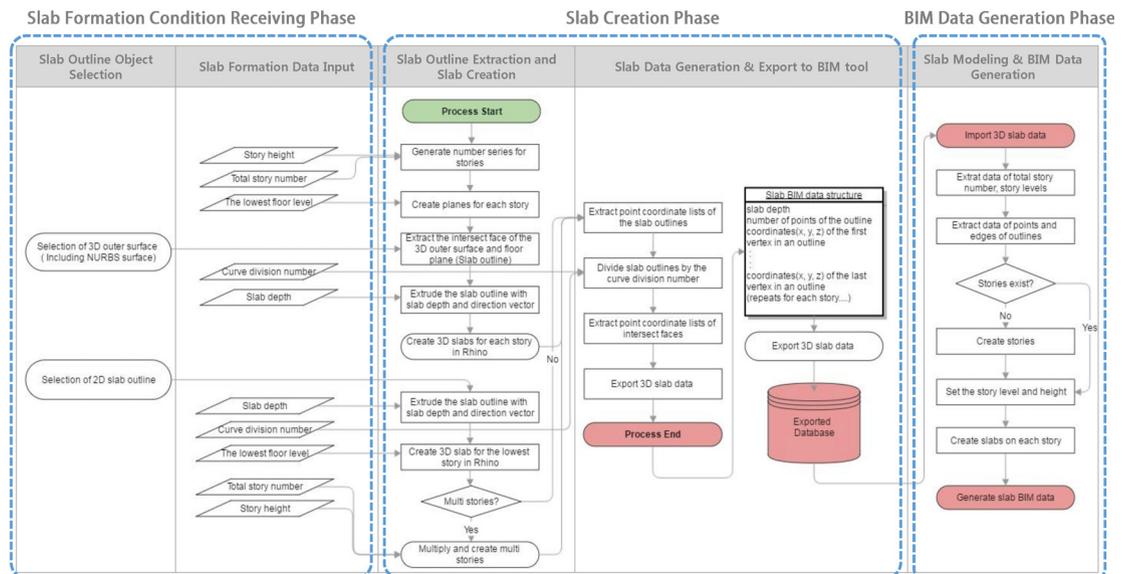


Fig. 3. Flow chart of Free-form slab generation and conversion to BIM data

복제에 의한 다층 슬라브 부재형성과정은 슬라브 형성조건 수신부에서 외곽선 추출대상으로 선택된 2D 외곽선 객체를 기반으로 슬라브 두께 정보를 Z벡터 방향으로 3D 돌출과정을 거쳐 최하층 3D 슬라브 부재가 생성된다. 슬라브형성조건이 다층인 경우에는 슬라브 형성조건을 기반으로 계산된 해당 각 층 위치에 기 생성된 최하층 3D 슬라브 부재의 복제과정을 반복 수행하여 전체 층을 포함하는 다층 슬라브 부재를 생성하도록 구성된다.

슬라브 데이터 구조 익스포트과정은 각 층별로 추출된 교차 외곽선 정보를 기반으로 3D 다면체의 효율적인 면분할 개수로 조정하기 위한 과정을 거친다. 즉, 추출된 교차 외곽선 정보를 슬라브형성조건인 외곽 다중선분할 수 조건값으로 외곽선의 변의 개수를 조정하는 과정을 시행한 후, 외곽선 절점들의 좌표점 정보를 각 층마다 추출하고, 슬라브 두께 값과 외곽선 다각형 절점 개수 및 조정된 슬라브 외곽선 절점들의 좌표점 정보를 포함하는 3D슬라브 전체 데이터를 형성한다. 이때 형성된 슬라브 데이터 구조는 슬라브 두께, 외곽선 절점 개수, 외곽선 좌표점 1~N의 좌표값을 층수만큼 포함한다.

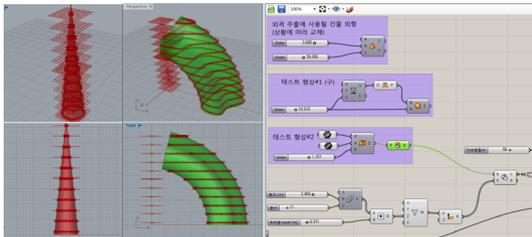


Fig. 4. Extraction of slab outlines and creation of 3D slab

### 3.1.3 슬라브 BIM 데이터 생성부

슬라브 BIM데이터 생성부는 익스포트된 슬라브데이터 구조를 BIM 도구에서 임포트(import)하여 각 층의 슬라브 객체를 생성한 후 생성된 슬라브 객체로부터 슬라브 BIM 데이터를 생성하는 과정으로 이루어진다. 우선, 슬라브 데이터 구조로부터 층수, 각 층 바닥 레벨, 슬라브 외곽선의 점과 모서리정보가 추출되며, BIM 파일 내에 층이 존재하지 않는 경우에는 추출된 층정보에 근거하여 층을 생성한 후, 각 층별로 바닥 레벨에 맞추어 정의된 슬라브 두께로 슬라브가 모델링되도록 구성된다. 이때, 슬라브 객체 정보들은 BIM 도구인 ArchiCAD 내에서 이미 슬라브 BIM 데이터로서 인식되며, 중립포맷

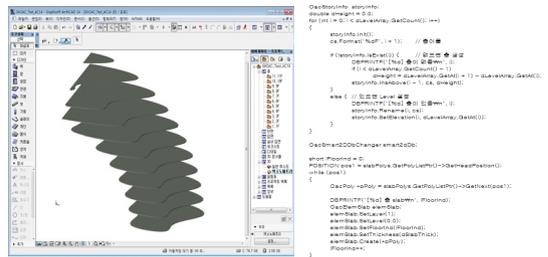


Fig. 5. Auto BIM slab modeling in ArchiCAD and part of API

인 IFC로 변환도 가능하다. 위의 처리과정에서 GH에서 익스포트된 슬라브 데이터 구조 정보는 ArchiCAD의 API 시스템에 의해 로드되어 슬라브 요소가 자동 모델링 되게 구성된다.

## 3.2 비정형 기둥 BIM 데이터변환 프로세스

비정형 기둥 부재형성 및 BIM 데이터로의 변환 프로세스는 기둥 단면, 기둥방향벡터 객체 선택 및 기둥 형성조건을 입력하는 기둥 형성조건 수신부, 3D 기둥부재 모델을 생성하고 기둥 데이터를 생성 및 익스포트하는 기둥 부재 형성부, 그리고 전이된 기둥 데이터 구조를 이용하여 기둥 객체를 생성하여 기둥 BIM 데이터를 생성하는 기둥 BIM 데이터 생성부, 세 부분으로 구성된다.

### 3.2.1 기둥 형성조건 수신부

이는 기둥형성조건 데이터를 입력받는 과정으로 기둥 단면정보, 방향벡터정보, 층고, 층수 등의 기둥 형성조건 입력과정을 포함한다. 기둥형성조건 데이터는 비정형 기둥에 대한 BIM 데이터 변환을 위한 단면 종류 및 치수, 단면 객체, 기둥방향벡터 객체, 건물 층고와 층수를 포함하는 데이터로 구성된다.

기둥 단면 객체 입력과정에서 기둥 단면 객체가 존재하는 경우 객체 선택에 의해 기둥의 사각형, 원형 또는 다각형 프로파일 등의 단면 형태 정보를 추출하는 과정을 거치며, 기둥 단면 객체가 존재하지 않는 경우에는 기둥 단면 종류를 선택에 의한 사각형 또는 원형 단면의 치수정보의 입력과정을 거친다. 건물의 층고와 층수 입력 및 기둥 방향 벡터 객체의 선택과정에서는 기둥의 높이, 기울기 각도 및 기둥단면의 방향을 포함하는 기둥형성조건을 입력받는다. 각 기둥의 방향 벡터 정보 중 기둥 방향 정보는 Rhino 시스템에서 단일 라인으로 정의할 수 있으며, 라인의 기울기 정도에 따라 수직기둥과 경사

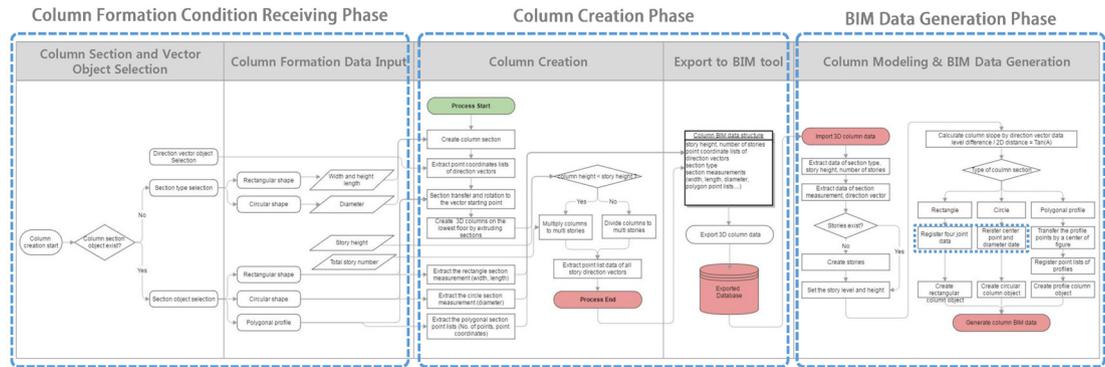


Fig. 6. Flow chart of Free-form column generation and conversation to BIM data

기둥이 구별된다. 또한 단면의 방향 정보는 사각 기둥이나 다각형 프로파일 기둥의 단면 배치 방향을 결정할 수 있도록 구성된다.

### 3.2.2 기둥 부재 형성부

기둥 부재 형성부는 입력된 기둥 형성조건을 이용하여 3D 기둥을 생성하는 기둥 부재 형성과정과 기둥 데이터 구조를 추출하여 익스포트하는 기둥 데이터 구조 익스포트과정으로 구성된다.

기둥 부재 형성과정은 기둥 단면의 종류와 치수 정보 입력에 의한 단면정보입력에 의한 기둥형성과정 및 선택된 기둥 단면 객체에 의한 단면객체형상에 의한 기둥형성과정으로 이루어진다.

단면정보입력에 의한 기둥형성과정은 기둥 형성조건 수신부에서 수신된 단면 종류와 기둥형성조건을 이용하여 기둥 단면을 생성하고, 선택된 방향벡터에서 방향벡터 절점정보를 추출하며, 추출된 각 방향벡터 정보에 의해 기둥 단면을 이동 또는 회전시킨 후, 한 개 층의 3D 기둥을 생성한다. 기둥 생성 이후에 생성된 기둥높이와 층고의 비교 과정을 거치며, 판단 결과 기둥 높이가 층고보다 작은 경우에는 생성된 3D 기둥의 높이를 층고값으로 변환하며, 입력된 층고와 층수에 의해 계산되는 각 층의 기둥 위치에 층수 정보만큼 반복 생성하여 다층기둥을 생성한다. 이와 달리, 기둥 높이가 층고보다 큰 경우에는 생성된 기둥 높이를 층고로 나누어 각 층에 3D 기둥을 다층으로 분할하여 생성한다. 이 후 여러 층에 생성된 기둥들의 각 높이의 기준이 되는 다층 기둥방향벡터들의 절점정보를 추출하는 처리과정을 수행한다.

단면객체형상에 의한 기둥형성과정은 단면객체 정보 수집과정만 상이하고 나머지 과정은 위와 동일하다. 즉,

이 과정에서는 선택된 단면객체에서 단면정보가 추출되며, 단면객체의 형태에 따라 사각형의 가로, 세로 길이, 원형의 지름, 다각형 프로파일의 경우 다각형 단면 절점정보를 추출하게 된다.

기둥 데이터 구조 익스포트과정은 이전 과정에서 추출된 기둥 단면 객체의 치수, 기둥 단면 종류에 의해 생성된 각 층의 기둥 데이터 등을 추출한 후 기둥 데이터 구조를 형성하여 익스포트하는 과정이다. 이때, 기둥 데이터 구조는 기둥 단면 유형, 단면 형태별 치수 정보, 각 기둥의 위치정보(시작 절점 정보, 끝점 절점 정보) 및 단면 회전각이 포함된다.

### 3.2.3 기둥 BIM 데이터 생성부

기둥 BIM 데이터 생성부는 익스포트된 기둥 데이터 구조를 BIM 도구에서 로드하여 각각의 기둥 객체를 생성하여 기둥 BIM 데이터를 생성하는 과정으로 이루어진다. 기둥 데이터 구조로부터 기둥 단면 유형, 층수, 층고를 추출하고, 기둥 유형별 치수 정보, 각 기둥의 위치 정보 및 단면 회전각, 벡터 절점정보를 추출한다. 기둥의 기울기는 벡터 절점 정보를 이용하여 계산하고, 기둥 단면 유형을 판단하며, 기둥 단면 유형에 따라 다른 종류의 기둥 객체를 생성한다. 즉, 사각형 유형의 경우에는, 단면의 모서리 절점 정보 등록을 수행하여 사각형 기둥 객체를 생성하고, 원형 유형의 경우에는, 원점, 중심점, 지름 정보 등록을 수행하여 원형 기둥 객체를 생성하며, 다각형프로파일 단면유형의 경우에는, 프로파일 절점들을 도심점 기준으로 좌표변환을 수행한 후, 다각형 프로파일 절점 정보 등록을 수행하여 프로파일 기둥 객체를 생성한다. 이때 생성된 기둥 객체는 이미 기둥 BIM 데이터로서 이후 중립포맷인 IFC로 변환이 가능하다.

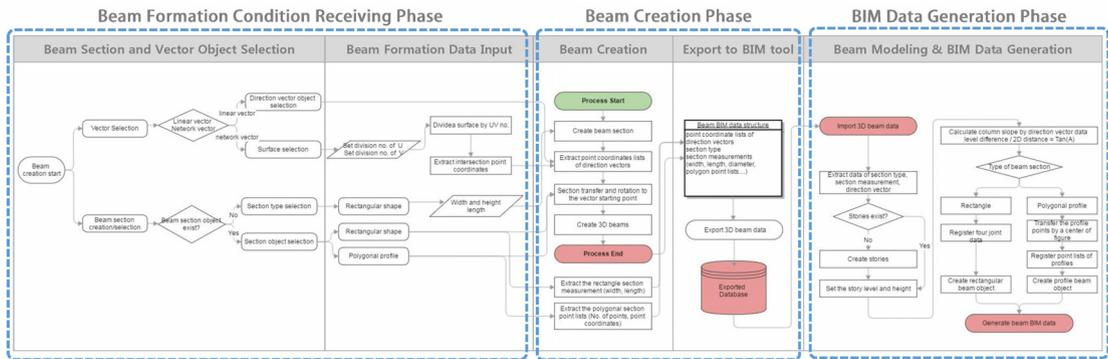


Fig. 7. Flow chart of Free-form beam generation and conversation to BIM data

### 3.3 비정형 보 BIM 데이터변환 프로세스

비정형 보 부재형성 및 BIM 데이터로의 변환 프로세스는 보 단면, 보방향벡터 객체 선택 및 보 형성조건을 입력하는 보 형성조건 수신부, 3D 보 부재 모델을 생성하고 보 데이터 구조를 생성 및 익스포트하는 보 부재형성부, 그리고 전이된 보 데이터 구조를 이용하여 보 객체를 생성하여 보 BIM 데이터를 생성하는 보 BIM 데이터 생성부, 세 부분으로 구성된다.

#### 3.3.1 보 형성조건 수신부

보 형성조건 수신부는 보 형성조건 데이터를 입력받는 과정으로 보 단면정보, 방향벡터정보, 층고, 층수 등의 보 형성조건 입력과정을 포함한다. 보형성조건 데이터는 비정형 보에 대한 BIM 데이터 변환을 위한 단면 종류, 단면 치수 및 절점정보, 직선 벡터의 방향벡터 객체정보, 그물식 벡터의 표면 정보 및 UV 분할 지수 및 분할교차점절점정보를 포함하는 데이터로 구성된다.

보 단면 객체 입력과정에서 보 단면 객체 정보 입력과정은 기둥 단면 객체 입력과정과 동일하며, 방향 벡터 입력과정은 직선 벡터 및 그물식 벡터 두 가지 방식으로 구성된다. 직선 벡터인 경우 기준 벡터와 동일한 방법으로 보 형성조건이 추출된다. 그물식 벡터인 경우에는 곡면(surface)을 선택하여 U분할수와 V분할수를 지정하고, 지정된 UV분할수로 표면을 분할하여 분할 교차점 절점 정보를 추출하도록 구성된다. 이때 UV분할 수는 보의 적정 길이 조건 등에 의해 합리적인 값의 입력이 요구된다.

#### 3.3.2 보 부재 형성부

보 부재 형성부는 입력된 보 형성조건을 이용하여 3D 보를 생성하는 보 부재 형성과정과 보 데이터 구조를 추

출하여 익스포트하는 보 데이터 구조 익스포트과정으로 구성된다.

보 부재 형성과정은 입력된 보 단면 종류 및 보형성조건을 이용하여 보 단면을 생성한 후, 추출된 방향벡터의 정보에 의해 단면 객체 이동을 수행하여 3D 보를 생성하도록 구성된다. 이때, 방향 벡터의 절점 정보는 직선 방향벡터인 경우 선택된 방향 벡터 객체의 절점 정보, 그물식 벡터인 경우 UV분할수로 표면 분할을 수행한 후 추출된 분할 교차점 절점 정보로부터 방향 벡터의 절점 정보가 추출된다. 각 보의 수평 방향 정보는 Rhino 시스템에서 단일 라인으로 정의할 수 있으며, 라인의 기울기 정도에 따라 수평 보와 경사보가 구별된다.

보 데이터구조 익스포트과정은 보 부재형성과정에서 추출된 보 단면 유형, 단면 치수, 다각형 단면 절점수 및 절점좌표정보와 보 단면 종류에 의해 생성된 각 층의 보 데이터를 추출한 후, 보 데이터 구조를 형성하여 익스포트하는 과정이다. 이때, 보 데이터 구조는 보 단면 유형, 단면 형태별 치수 및 절점 정보, 벡터 절점정보를 포함한다.

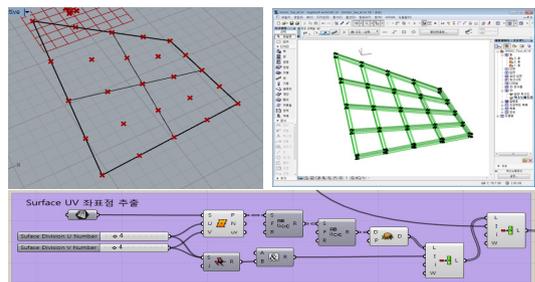


Fig. 8. (Left) Extraction of UV information in Network (Right) Beam BIM object modeling in ArchiCAD (Bottom) GH to extract UV information of a surface

### 3.3.3 보 BIM 데이터 생성부

보 BIM 데이터 생성부는 익스포트된 보 데이터 구조로부터 보 단면 유형, 보 유형별 치수, 벡터 절점정보를 추출하여 보 객체를 생성하여 보 BIM 데이터를 생성하는 과정으로 이루어진다. 벡터 절점 정보를 이용하여 보의 기울기를 계산한 후, 보 단면 유형에 따라 사각형 보, 또는 프로파일 보 객체를 생성한다. 각각의 객체 생성 방법은 기둥 생성방법과 동일하다.

## 4. 결론

비정형 건축에서의 디지털 기술 도입은 설계, 시공, 구조, 부재제작 등 많은 부분에서 긍정적인 결과를 도출하고 있다. 그러나 설계 오류의 감소, 시공 및 부재제작을 위한 정확한 데이터의 확보, 이로 인한 건물의 품질 확보, 디지털 데이터의 효율적인 관리 등을 위한 비정형 건축의 BIM 설계 데이터 확보는 BIM 도구의 기능적인 한계 또는 추가작업에 대한 부담 등으로 인해 어려움이 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 비정형 건축의 설계 단계에서 비정형태의 객체를 파라메트릭 건축부재로 형성하고 이를 건축부재 BIM 데이터 구조로 구축하여 BIM 데이터로 변환하는 프로세스 모델을 개발하였으며, 이 모델을 실행하는 프로토타입 시스템을 구현하였다. 제안된 프로세스 모델은 비정형 건축 설계단계에서 생성된 비정형태 객체들을 건축적으로 의미있는 건축정보로 자동변환하고, 이를 BIM 데이터로 구축하는 일련의 과정들을 자동화 함으로서 비정형 건축 설계 데이터 구축에 대한 설계 시간을 감소할 수 있으며, 설계 데이터에 대한 일관성 있는 통합적인 관리가 가능하게 하여, 설계 오류를 감소시키고, 부재제작 및 시공의 품질을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

이상과 같은 연구를 기반으로 다음 연구에서는 본 연구에서 다루지 못했던 건축부재들 중 비정형벽과 비정형 지붕의 BIM 데이터 변환에 관한 후속연구를 수행할 예정이다. 이 부분은 디자인된 형태를 BIM 데이터로 변환하는 과정에서 부재제작이 가능한 패널로 분할하는 최적화 알고리즘이 필요하며, 특히 벽에 대한 분할 알고리즘은 제작비 및 사업비 측면을 고려한 가전면 패널로의 변환 알고리즘을 적용할 예정이다.

## References

- [1] Jeong-Won Ryu, "BIM-based Panelizing Optimization for Architectural Freeform Surfaces", Ph. D. Thesis in Architecture Department, Seoul National University. 2012.
- [2] Seoul Culture Facilities Agency, *A study on introduction plan of BIM for public buildings*, p26, Seoul city, 2010.
- [3] M. Eigensatz, M. Kilian, A. Schiftner, N. Mitra, H. Pottmann, & M. Pauly, "Paneling Architectural Freeform Surfaces", *ACM Trans. Graphics* 29, 3, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1145/1778765.1778782>
- [4] Jin-Kyou Im, Jung-Dae Park, "A study on form generation methodology using parametric constraints", *Journal of the Architectural Institute of Korea (Planning & Design)*, 29, 8, pp. 43-50, 2013.
- [5] Dae Sung Kim, "Development of BIM Tool with Parametric Algorithm for Supporting Free-form BIPV Design", Master Thesis in Hanyang University, 2016.
- [6] Hyeong-Il Kim, "A Parametric design study for free-formed super tall building using BIM", *Journal of The Korean Digital Architecture Association*, 12, 1, p.109-118, 2012.
- [7] Se Young Moon, "A study on the efficient design collaboration method of BIM-based free-form architecture using a network analysis", Hanyang University. Master Thesis, 2014.
- [8] Shelden, Dennis R. "Digital Surface Representation and the Constructibility of Gehry's Architecture". Ph.D. Thesis in Architecture Department, MIT, pp. 157-160, 2002
- [9] Myoung-Chul Yoon, "An Architectural Form Creation Process in BIM Using the Transformation of Topological Form", Ph.D. Thesis in Gyeongsang National University, 2012.

### 유 정 원(Jeong-Won Ryu)

[정회원]



- 1990년 2월 : 한양대학교 건축학과 (공학사)
- 1995년 12월 : University of California, Los Angeles 대학원 석사 (Master of Arts, MA)
- 2012년 8월 : 서울대학교 건축학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 건축학부 교수

<관심분야>

건축설계 및 계획, BIM(건축정보모델링), 디지털건축