

디지털 디자인 및 패브리케이션 프로세스의 합리화 과정에 관한 연구 - 인테리어 패널 디자인 및 제작 사례를 기반으로 -

장수정*, 이현수, 이진국

요약

디지털 기술의 발전에 따라 디지털 건축 디자인은 CAD 및 CAM 기술을 기반으로 복잡한 형상의 표현 및 조작성을 가능하게 하여 효율적이고 체계적인 디자인 프로세스로서 작용하게 되었다. 하지만 아직 비용절감과 품질향상에 관련된 프로세스의 효율성과 재현성에 관한 논의가 제시되고 있다. 본 연구는 디자인 초기부터 제작가능성을 고려하는 통합적 디지털 디자인 프로세스의 개념적 접근을 목적으로 하였으며, 통합적 접근의 일환으로써 합리화(Rationalization)의 개념을 제시하고자 한다. 합리화는 비정형 건축의 곡면 패널의 제작과 관련되어지는 용어로서 제작과 관련된 요구조건을 검증하면서 본래의 디자인을 유지하는 디지털 모델의 재-디자인 작업을 의미한다. 본 연구는 통합적 프로세스 구축을 위한 실험적 연구로써 생성-재현-구축의 세 단계로 구성되는 디지털 디자인 프로세스에 합리화의 개념을 적용시킨 연구 모형을 도출하여 디자인 과정에 적용시킨 인테리어 패널 사례를 제작하였다. 사례의 디자인 프로세스를 분석한 결과, 각 단계에서 얻어진 정보를 활용하는 합리화 과정의 순환적 특징을 발견할 수 있었으며, 이는 소프트웨어의 상호호환성과 하드웨어의 기능적 요구조건에 대한 검증을 바탕으로 의도된 디자인을 유지시키면서 디지털 모델을 수정 및 보완하는 순환적 프로세스로 정의할 수 있다.

키워드 : 디지털 패브리케이션, 합리화 과정, 통합 프로세스

Rationalization Process for Digital Design and Fabrication -Based on the Case of Fabricating Interior Panels-

Soo-Jung Chang*, Hyun-Soo Lee*, Jin-Kook Lee**

Abstract

Although the use of CAD and CAM technologies has been broadly adopted by architecture-engineering-construction-facility management (AEC/FM) industry as the means of producing complex forms, there are still remained issues such as reducing cost, and enhancing quality and manufacturability. In this paper, to resolve given issues, we suggest a process of rationalization in digital architecture design and fabrication as an integrated approach. The rationalization, which is usually used as the term related with the skin panel of free-form architecture, is a process of re-designing a digital model to meet the requirements of manufacturing considering the gap with an original designs. Thus we classified this process and conducted a case study of fabricated models as an exploratory study. As the result, we found that each phase is connected with other phases with the circulation of information and rationalization process can be determined as the circulative process which re-designs digital model by minimally deviating from the original design based on the information deducted from analysis of inter-compatibility of software and requirement of hardware.

Keywords : Digital Fabrication, Rationalization, Integrated Process

※ Corresponding Author : Jin-Kook Lee

Received : March 22, 2015

Revised : April 21, 2015

Accepted : April 30, 2015

*, ** Hanyang University, Dept. of Interior

Architecture Design, email: designit@hanyang.ac.kr

■ 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(14AUDP-B068892-02)에 의해 수행되었음

1. 서론

1.1 연구의 배경

디지털 기술의 발전에 따라 관련기술 및 디지털 통합의 관점에서 건물을 대상으로 하는 디자인 프로세스 또한 변화하고 있다. 건축 디자인에서의 디지털 기술은 디지털 소프트웨어와 매체를 의미하며, 일반적으로 삼차원의 가상공간과 실제공간에서 컴퓨터 소프트웨어를 사용하여 디지털 모델과 실물 모형을 재현하는 기술을 의미한다[1]. 디지털 건축 디자인은 흔히 단순한 큐브 형태의 건물 형상을 벗어난 복잡한 형상이나 공간의 표현 및 조작에 활용되며, 2차원 도면만으로는 파악하기 어려운 비정형적 형태를 3차원 모델링 작업을 통하여 설계 초기단계에서부터 입체적으로 검토하는 효율적이고 체계적인 디자인 방식이다[2]. 이때, 2차원 입면, 단면, 평면도로 이루어지는 전통적인 '설계'와는 다른 디지털 디자인의 독특한 과정들이 무엇보다도 중요하게 암시하는 것은, 전적으로 컴퓨터를 활용하는 환경에서 디자인 정보와 재현된 형태 사이의 구축된 관계, 그리고 실체화 및 구축에 관한 데이터를 모두 포함하는 자족적인 디자인 방식이라는 것에 있다[3]. 즉, 디지털 건축 디자인은 구상과 구현사이의 직접적인 연결을 바탕으로 개념과 생산 사이의 관계를 급진적으로 변화시켰다[4].

이와 같이 건물을 대상으로 하는 디지털 디자인은 개념의 시각적 구체화와, 구축정보를 기반으로 하는 입체적인 수정을 가능하게 하여 다양한 형태의 건축물을 구현하는 기반을 다졌지만, 아직까지 기술력의 한계에 의한 시공 가능성과 현실적으로 수용 가능한 품질, 경제성과 같은 문제점을 안고 있다[5]. 이에 따라 비정형 건축물 디자인 프로세스의 통합화 및 복잡한 형상의 외피 구현을 위한 건축 패널의 최적화에 관련된 다양한 선행연구가 진행되고 있다.

본 연구는 실제 제작상황을 가정하는 디지털 디자인 프로세스의 통합적 접근의 일환으로써, 합리화(Rationalization)의 개념을 적용한 연구 모형의 구축 및 사례제작을 바탕으로 실제 제작 가능성을 고려한 디지털 디자인 프로세스의 개념적 구체화를 목적으로 하였다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 방법과 범위는 다음과 같다. 첫째, 디지털 건축 및 디지털 디자인 프로세스의 생성-재현-구축의 순차적 단계에 관한 이론적 배경을 바탕으로 각 단계별 적용 기술과 그 특성을 고찰한다. 둘째, 디지털 디자인 환경을 매개로 하는 디지털 패브리케이션의 분류와 특성에 대한 분석을 바탕으로 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스에 관하여 고찰한다. 셋째, 비정형 및 기하학적 모델의 최적화에 사용되는 합리화 과정의 개념을 적용한 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스의 연구모형을 도출한다. 넷째, 해당 연구 모형을 적용한 인테리어 패널 제작 사례의 디지털 모델의 합리화 과정을 분석한다.

본 연구에서는 선행연구를 바탕으로 디지털 디자인 프로세스의 기본 모형을 개념-재현-구축의 과정으로 상정하였으며, 효율적인 제작을 위한 통합적 프로세스의 일환으로써 디지털 패브리케이션 사례의 합리화 과정에 관한 분석을 진행하였다. 이때 각 사례의 합리화 과정은 디지털 모델의 형태 및 수치적 변화로 한정하였다.

2. 디지털 건축 및 디지털 디자인 프로세스에 관한 이론적 배경

1980년대 중반 건축 환경에서의 디지털 매체는 제도를 위한 단순작업의 보조수단 혹은 시각적 재생산의 표현수단이라는 도구적 역할을 벗어나 디자인 프로세스를 위한 디자인 미디어의 역할을 하게 되었다[6]. 특히, 복잡한 형상의 제품생산을 위하여 선박과 자동차와 같은 산업 분야에 활용되던 CAD (Computer Aided Design) 및 CAM (Computer Aided Manufacturing) 기술이 파급됨에 따라, 건축분야에도 복잡한 비정형적 형상의 건물 및 부체에 대한 디자인과 제작, 그리고 조립까지의 모든 과정에서 비용과 시간을 절약할 수 있었다.

또한 건축사 및 시공을 위한 다수의 협력업체의 CNC (Computer Numerically Controlled) 디지털 모델 및 기계 사이의 직접적 연계는 복잡한 형태의 대량생산을 가능하게 하여 전통적인 생성 방식의 한계를 뛰어 넘었으며 디지털 기술의 호환성을 바탕으로 생산네트워크를 확보하였

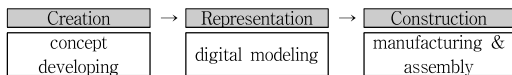
다[7]. 이는 더 나아가 초기 개념 설계에서 유지 관리 단계까지 건물의 전 수명주기 동안 모든 정보를 생산하고 관리하는[8] BIM 기술을 통한 통합적 설계로써 작용하게 되었다.

이와 같이 디지털화 되어 진행되는 디자인 프로세스는 건축과 제작 사이의 이분화 되어있는 역사적인 관계에 대하여 이의를 제기하였으며 [4], 디지털 디자인은 디자인부터 구축까지의 전 과정에 있어 디지털 매체를 통한 연속적이고 통합적인 디자인 프로세스로서 작용되게 되었다.

2.1 디지털 디자인 프로세스

디지털 디자인 프로세스는 크게 형태 생성, 재현, 구축의 세 단계로 진행되며, 개념으로부터 의도된 형태가 제어 가능한 데이터의 형태로써 유지된 채 시공단계까지 일관되게 통합되는 일련의 디자인 과정으로 정의된다[9]. 이는 건축가의 개념으로부터 형상화되어 실제 건축물로 구축되는 건축행위인 ‘개념-재현-구축’의 과정을 전제로 제시된 개념으로[10] 디지털 기술을 바탕으로 한 비정형 건축물의 구현 및 곡면 패널 최적화, 혹은 건축행위 전반의 통합적인 프로세스 모형으로 활용되고 있다.

(그림 1) 디지털 디자인 프로세스



(Figure 1) Digital Design Process

박정대(2005)는 이와 같은 디지털 디자인 프로세스를 개념-재현의 형태생성 논리와 재현-구축의 시공제어 논리, 그리고 개념-재현-구축의 디자인 전반에 걸친 논리로 분류하였다. 한지연(2013)이 형상화 과정과 구축화 과정으로 정의하고 각 과정을 디자인 개념-전개-재현, 그리고 제작-조립의 세부과정으로 분류하였으며, 이중 재현과 제작-조립과정이 실질적인 곡면형상의 구현과정에 해당된다고 밝힌 바가 있다. 이와 같은 연구들은 디지털 디자인 프로세스의 개념-재현-구축의 세 단계가 서로 분리된 것이 아닌 특정한 논리에 의하여 상호 연계적인 특성을 가지고 있다는 것을 의미한다. 또한 류호창(2009)은

건축 공간구조의 개념적 변화에 따른 자유형태의 생성과 구축을 위한 디지털 디자인 프로세스의 변화 및 활용 실태를 분석[11]하였으며, 조민정(2011)은 디지털 디자인 프로세스를 디지털 정보의 교환 및 협업 방식의 연계가 가능한 통합적인 과정으로 가정할 후 각 단계별 소프트웨어 및 기술 협력자 사이의 연속적인 협업 체계를 위한 수단으로써 정의하였다.

디지털 디자인 프로세스의 변화와 적용 기술의 다양화는 기존의 2차원 도면의 표현 방법에서 머물던 디지털 기술의 적용 범위를 디자인 개념 생성과 형태의 제작 단계까지 확장시켰다. 이와 같이 실제 형상의 구축을 위한 디지털 디자인은 개념 생성-형태 재현-구축의 순차적이며 연속적인 과정을 수반하며 각 단계별 특성 및 적용 기술은 다음과 같다.

2.2 생성

디자인 프로세스에 디자인의 개념을 탐색하고 전개시키는 단계로써, 기존의 스케치를 통한 개념탐색 작업은 디지털 매체의 형태 생성 기법을 통하여 자동적으로 형상을 산출하여 다양한 개념의 논리를 유도할 수 있게 되었다. 예를 들어 3D 모델링 툴인 라이노(Rhino)의 그래스호퍼(Grasshopper)는 다양한 파라미터와 컴포넌트의 조합을 바탕으로 형태를 생성하며, 유전자 생성적 알고리즘(Genetic algorithm) 모델링 또한 생물학적 성장과 형태의 개념인 자연의 진화모형을 건축적 형태를 위한 생성적 프로세스의 일환이다. 이 외에 세이프그라머(shape grammar)와 스크립팅(scripting)과 같이 형태를 일정한 수식이나 기호의 조합을 통하여 자동 형성하는 디자인 방식은 디자인의 개념을 직관적으로 표시하고, 디자인 논리의 타당성 및 창조적 역량을 강화시킨다. 따라서 현대 건축가들은 이와 같은 디지털 생성기술을 통해 형태의 논리를 설명함과 동시에 자동으로 형상을 산출할 수 있게 되었다[1].

2.3 재현

생성단계에서 만들어진 형태를 실제 제작이 가능하도록 디지털화 하는 단계로써, 생성단계에서 구체화 된 디자인은 측정 가능하고 제어 가능한 형태로 기술된다. 곡선의 제어점, 치수 및 결절점의 수치값에 의해 다양한 곡면을 형성하

는 NURBS 모델링과 매개변수의 규칙에 의한 계산식을 통해 형태를 정의하는 파라메트릭 모델링(parametric modeling)과 같은 방식이 적용 [1]되며, Maya, Rhino, Catia, Revit과 같은 다양한 모델링 프로그램이 활용된다. 또한 디자인 개념을 모형으로 제작한 후 이를 3D 스캔장비를 통하여 디지털 정보로 변환하는 삼차원 디지털라이저(3D digitizer) 기술과 디지털 모델을 시험모형으로써 신속조형(Rapid-Prototyping) 하여 설계에 재활용하는 방식은 [12] 기존의 생성-재현의 순차적 관계를 역공학(Reverse Engineering)으로 접근하여 모델링 초기부터 구축단계와 연동 가능한 CAD/CAM 방식을 적용하는 특성을 가진다 [1].

2.4 구축

재현단계에서 만들어진 디지털 정보를 자동 제작 및 조립하는 단계이며, CNC 머신과의 연계작업이 가능한 모델링 소프트웨어의 등장과 제작기계, 재료의 다양화에 따라 다양한 디지털 제작(digital fabrication) 방식이 도입되었다. 디지털 디자인의 디지털 제작 기술은 부재의 최종적인 구축수단임과 동시에 복잡한 디자인 계획에 대하여 실질적인 형상의 재현 및 평가와 수정을 가능하게 한다 [3]. 또한 이는 디자인 개념을 재현하는 수단이면서 실제 완성된 건축물의 구조에 대한 검증 및 평가를 돕고 새로운 디자인 개념을 창출하는 수단으로 활용 된다 [13].

2.5 통합적 디자인 프로세스

디지털 디자인 프로세스는 디자인 개념을 전개하는 생성단계, 이를 정보 및 데이터로 조합하고 측정 가능한 형태로 기술하는 재현단계, 그리고 실제 형태를 제작하거나 이를 조립하는 구축 단계로 분류되며 각 과정들은 단계별 상호연계성을 전제로 한다. 즉, 생성 단계에서 구체화된 디자인은 재현 단계에서 측정 가능한 형태로 기술되어야 하며, 이 형태는 시각적인 재현임과 동시에 재료의 물성 및 제작 방식의 기술적 특성에 기반을 두는 구축적 속성을 지닌다 [14].

이러한 상호연계성이 전제되지 않는 프로세스는 디자인이 개념적인 형태로만 기능하여 실제 구현이 되지 못하거나, 프로세스를 하나의 제작 방법으로만 인식하여 프로그램의 결과물으로써만

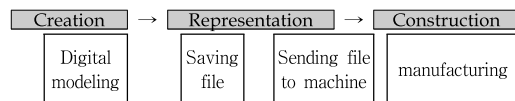
존재하게 되는 것과 같이, 개념의 형태를 시각화하는 디자인의 측면과 디자인이 실제 구현되는 방법적 측면의 양립성이 발생할 위험이 있다 [2]. 또한 프로세스의 각 단계는 디자인의 의도와 목적에 따라 다양한 디지털 소프트웨어와 매체가 선택되며 [1] 제작방법에 따라 비용이나 재료의 종류, 부재의 제작방식이 달라진다 [15]. 따라서 디지털 디자인 프로세스는 디자인 초기부터 각 단계에서 사용되는 소프트웨어 및 하드웨어의 기능적 특성을 파악하여 실제 제작가능성을 고려한 통합적인 설계가 진행되어야 한다.

3. 디지털 패브리케이션 프로세스

3.1 디지털 디자인 프로세스와 디지털 패브리케이션 프로세스

디지털 패브리케이션은 일반적으로 그래픽 툴을 활용한 디지털 모델의 구현 및 파일의 저장, 출력 기계로의 전송, 최종적인 물리적 형상의 구축의 순서로 이루어진다 [16]. 이는 디지털 디자인 프로세스의 생성-재현단계에서 구현된 디지털 모델이 구축단계의 출력 기계로 전송되어 제작이 되는 과정임을 의미한다. 본 연구는 (그림 2)와 같이 디지털 패브리케이션을 디자인 프로세스 전반에 걸친 개념으로 가정하였으며, 단계별 연계성을 전제로 하는 통합 프로세스의 구축을 위하여 디지털 모델의 소프트웨어적 특성과 출력기계의 하드웨어적 특성을 분석하고자 한다.

(그림 2) 디지털 패브리케이션 프로세스



(Figure 2) Digital Fabrication Process

3.2 디지털 패브리케이션 프로세스의 소프트웨어적 특성

디지털 패브리케이션 프로세스의 디지털 모델의 제작은 형태와 관련되는 모든 기하학적 정보를 단일 모델에 압축하고 재료의 특성을 부가적인 정보로 명시하는 것을 목적으로 하며, 사용자는 한 가지 또는 그 이상의 포맷으로 저장되는

기하학적 모델을 기술하게 된다[17]. 이에 따라 상호작용적인 디지털 모델의 역할이 중요성을 획득해가고 있으며 다양한 제작 기계와 프로그램의 등장에 따라 CAD 파일과 DWG, IGES, STL과 같은 응용프로그램 포맷들이 설계 정보의 효율적인 전달을 책임지는 데이터로 변화하고 있다[18]. 또한 디지털 모델은 일련의 수치적인 변형 및 연산 등을 통한 조작을 허용하며 [17], 이를 통해 재현 모델은 다양한 프로세스를 통하여 실제 제작을 위한 디자인을 구현시키는 수단으로 활용된다. 예를 들어, 복잡한 비정형적 곡면의 건축어휘를 구사하는 프랭크 게리는 비유클리드적인 3차원 곡면을 실제 물성을 지닌 건축물로 구축하기 위해 곡면재현(Surface Representation) 기법을 활용한다. 해당 프로세스에서 디지털 재현 모델은 의도된 디자인과의 유사성의 검토, 외피의 곡률분석을 위한 전개성의 검증, 구조와 외피, 내부공간의 디지털 모델의 분리와 마스터 모델의 제작, 세부적인 디지털 모델 산출, 시물레이션을 통한 기능적 요구조건 검증, 그리고 모든 설비체계와 구조체계를 단일한 디지털 모델로 통합하는 디지털타이징 - 분석 - 분화 - 디테일/패턴 - 시물레이션 - 통합모델(composite)의 과정을 거치게 된다[9].

이와 같은 프로세스는 비정형을 구성하는 구조방식과 스킨시스템의 관계를 알아보기 쉽게 하여 비정형 건축 설계와 부재의 제작을 효율적으로 이루어지도록 한다. 즉, 디지털 패브리케이션 프로세스의 디지털 모델은 다양한 프로그램과의 연계성과 조작가능성을 바탕으로 구축단계를 가정하는 분석과 디자인의 표현에 관한 수정 및 보완 작업을 가능하게 한다.

3.3 디지털 패브리케이션 프로세스의 하드웨어적 특성

디지털 패브리케이션의 유형은 출력기계의 종류와 가공방법, 재료의 특성에 의하여 <표 1>[19]과 같이 분류된다.

2D 가공 (2-Dimensional fabrication)은 주로 절단 기술을 활용하는 가장 대표적인 패브리케이션의 유형으로써 2가지의 축을 가지는 기계의 움직임을 특징으로 하며, CNC 커팅, 레이저 커팅과 워터젯과 같이 특정한 두께를 가지는 소재를 절단하는 제작 기술이다. 절삭가공

(subtractive fabrication)은 다양한 축을 가지는 밀링을 통해 특정한 질량의 소재를 제거하여 형태를 구축하는 방식이며, 이와 반대의 제작 기법인 첨삭가공(additive fabrication)은 3D프린팅과 같이 소재를 겹겹이 쌓아 올려 형태를 구축하는 패브리케이션 유형이다. 형성가공(formative fabrication)은 소재에 열이나 증기, 혹은 기계적인 힘을 가하여 의도된 형태를 구축하는 방식이며, 마지막으로 조립은 디지털 패브리케이션 기술을 통해 완성된 부재를 디지털 정보를 통하여 디자인 의도에 따라 조립하는 방식이다.

<표 1> 디지털 패브리케이션의 분류

classification	characteristic	type
2-Dimensional fabrication	cut a sheet of material using 2 axis cutting technology	CNC cutting plasma-arc laser cutting water jet
subtractive fabrication	removing or cutting volume of material	CNC milling
additive fabrication	method to construct a shape with adding material layer-by-layer	SLA, SLS 3d printing LOM, FDM
formative fabrication	method to form material by applying mechanical force, steam, heat	thermo-forming
assembly	Assembly components automatically	electronic surveying laser positioning

<Table 1> classification of digital fabrication

각 디지털 패브리케이션 기법은 다양한 장/단점을 가지고 있다. 예를 들어 2D 가공의 경우 가장 보편적인 제작 기법으로써 형태의 경제적이고 빠른 구축이 가능하지만, 입체적인 형상을 구현하는 것에는 한계가 있어 가공의 결과물을 별도로 조립하는 과정을 필요로 한다. 첨삭가공의 경우 복잡한 형태의 3차원 물체를 최소한의 조각으로 나누어 출력할 수 있지만, 일반적으로 가공시간이 길고 재료 선택의 폭이 크지 않다 [20]. 이와 같이 디지털 패브리케이션은 제작 기법에 따른 기계적 특성 및 재료의 물성에 관한 이해를 전제로 진행되어야 한다.

3.4 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스

디지털 패브리케이션 프로세스는 디지털 모델의 구축과 저장, 출력기계의 전송, 그리고 제작의 순서로 진행된다. 따라서 단계별 연계성을

전제로 하는 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스는 소프트웨어와 하드웨어 사이의 상호연계를 기반으로 한다. 이때, 2D 및 3D의 그래픽 데이터를 출력기계가 인식할 수 있는 형태로 변환하는 과정은 상대적으로 자동화되고 기계에 특화된 소프트웨어의 사용이 요구되며, 디자인 의도와 기계의 기능적 범위에 따라 출력방법이 결정된다[21]. 즉 제작 시간과 비용의 절감을 위한 효율적인 디지털 패브리케이션 프로세스는 소프트웨어의 상호연계성과 출력기계의 기능적 특성을 고려한 통합적 설계로써 진행되어야 한다.

4. 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스의 합리화(Rationalization) 과정

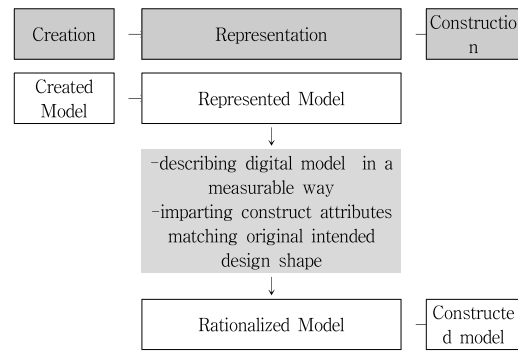
4.1 디지털 디자인 프로세스의 재현단계에 관한 논의

통합적 디지털 디자인 프로세스는 단계별 연계성을 기반으로 하며, 프로세스의 재현단계는 생성단계의 ‘디자인 방법’의 영역에서 ‘구축 방식’의 영역으로 전사되는 과정[9]으로써 시각적인 재현체인 디지털 모델의 특성 및 구축의 요구조건을 검증하는 디지털 정보의 역할을 수행한다. 따라서 재현단계는 의도된 디자인과의 유사성과 디지털 매체의 호환성, 그리고 제작 도구의 기능적 특성 사이의 전사적 과정으로써 다양한 수정, 재해석, 검증의 과정을 거치게 된다. 예를 들어 비정형 곡면은 디자인 단계 이후에 실제 시공이 가능하도록 곡면을 재구축하는 작업을 거친 후 곡면을 구성하는 부재들을 제작하고 조립하는 과정을 통해 완성 된다[15]. 즉, 재현단계의 디지털 모델을 실제 제작하기 위해선 기존의 생성 모델에 대한 재해석과정을 필요로 한다. 이와 같이 디지털 디자인 프로세스에서 디지털 모델의 기존 형태를 요구조건에 부합하도록 다시 디자인하는 과정을 합리화(Rationalization)라고 하며, 본 연구에서는 디자인 프로세스의 각 단계와 매체 사이의 연계를 위한 통합적인 디지털 패브리케이션 프로세스의 구축을 위하여 합리화의 적용을 논하고자 한다.

4.2 통합적 디지털 디자인 프로세스에서의 합리화의 정의

합리화란 사회학, 경제학, 수학, 심리학 등에서 다양한 의미로 활용되는 용어이다. 사전적인 의미로는 ‘낭비적 요소나 비능률적 요소를 없애 더 능률적으로 체제를 개선함’[22]으로 정의되며, 디지털 디자인의 합리화는 기존의 모델을 건축 소프트웨어 및 제작에 적합한 형태로 변형하는 과정을 뜻 한다[23]. 이는 디지털 모델을 본래의 디자인과의 차이를 최소화하며 패널의 타입, 외피의 부드러운 정도, 패널의 레이아웃과 구조의 미학, 제작비용 및 기타 건축 요구사항들에 부합하는 형태로 재계산하는 과정을 의미 한다[24].

(그림 3) 통합적 디지털 건축 디자인 프로세스의 합리화 과정

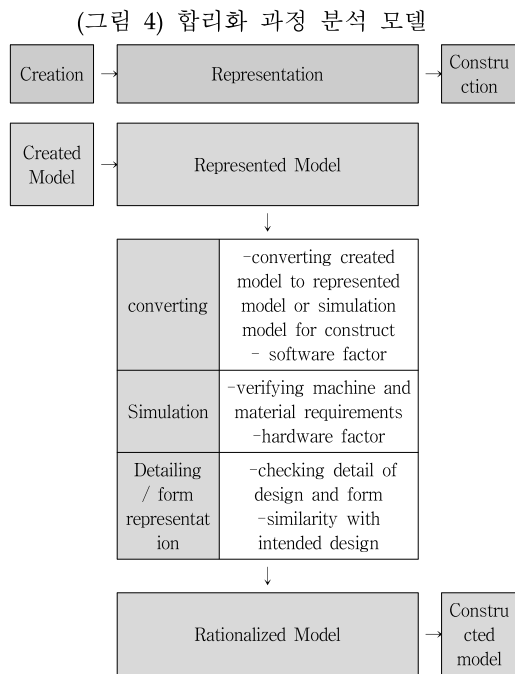


(Figure 3) Rationalization Process of Digital Architecture Design Process

앞서 논의한 바와 같이, 디지털 디자인 프로세스의 재현단계가 기존의 디지털 모델을 매체와 제작 도구의 요구조건에 부합하도록 조정하는 전사적 과정임을 가정하였을 때, 본 연구에서는 합리화의 개념을 디지털 모델을 측정 가능한 형태로 기술하고 실제 제작가능성을 고려한 구축적 속성을 부여하는 재-디자인(re-design)과정이라 정의하고자 한다. 이때 재-디자인이란 생성단계에서 의도된 형태를 최대한 유지시키면서 구축정보를 고려한 디지털 모델을 산출하는 과정을 의미하며, 본 연구는 제한적인 구축조건을 가정하여 보다 효율적이고 정확한 제작을 위한 통합적 프로세스의 일환으로써 디지털 모델의 합리화 과정에 관한 분석을 진행하였다.

4.3 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스 연구모형 구축

통합적 디지털 패브리케이션 프로세스가 소프트웨어의 상호연계성과 출력기계의 기능적 특성을 고려하는 과정임을 가정하였을 때, 재현단계의 합리화는 소프트웨어와 하드웨어의 요구조건을 검증함과 동시에 본래 디자인 의도에 부합하도록 디지털 모델을 재-디자인하는 과정이라 정의할 수 있다. 본 연구는 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스의 개념적 구체화의 일환으로써 디지털 패브리케이션의 특성을 반영한 합리화 과정의 분석 모델 (그림 4)을 작성하였다.



(Figure 4) Rationalization Analysis Model

디지털 패브리케이션 프로세스의 생성단계에서 형성된 디자인 개념은 재현단계에서 디지털 모델로써 구현된다. 또한 재현모델은 구축상황을 가상으로 검증하는 시뮬레이션 모델로도 변환이 되는데, 이와 과정에서 각 프로그램의 상호연계성을 기반으로 하는 소프트웨어적 특성이 반영된다. 시뮬레이션 프로그램으로 변환된 모델은 출력기계의 특성과 소재의 물성의 적합성에 관한 시뮬레이션 과정을 거치게 되며, 이때 디자인의 정밀도와 관계되는 하드웨어의 기계적 요구

조건을 검증하게 된다.

이와 같이 소프트웨어와 하드웨어의 특성을 고려하여 수정된 재현모델은 생성단계에서 의도한 디자인을 검증하는 디테일 및 형태 재현과정을 거치게 되며, 이러한 수정 및 보완 작업을 통해 최종적으로 형성된 합리화 모델은 출력기계를 거쳐 최종 구축모델로써 도출된다.

5. 디지털 패브리케이션 프로세스 사례 분석

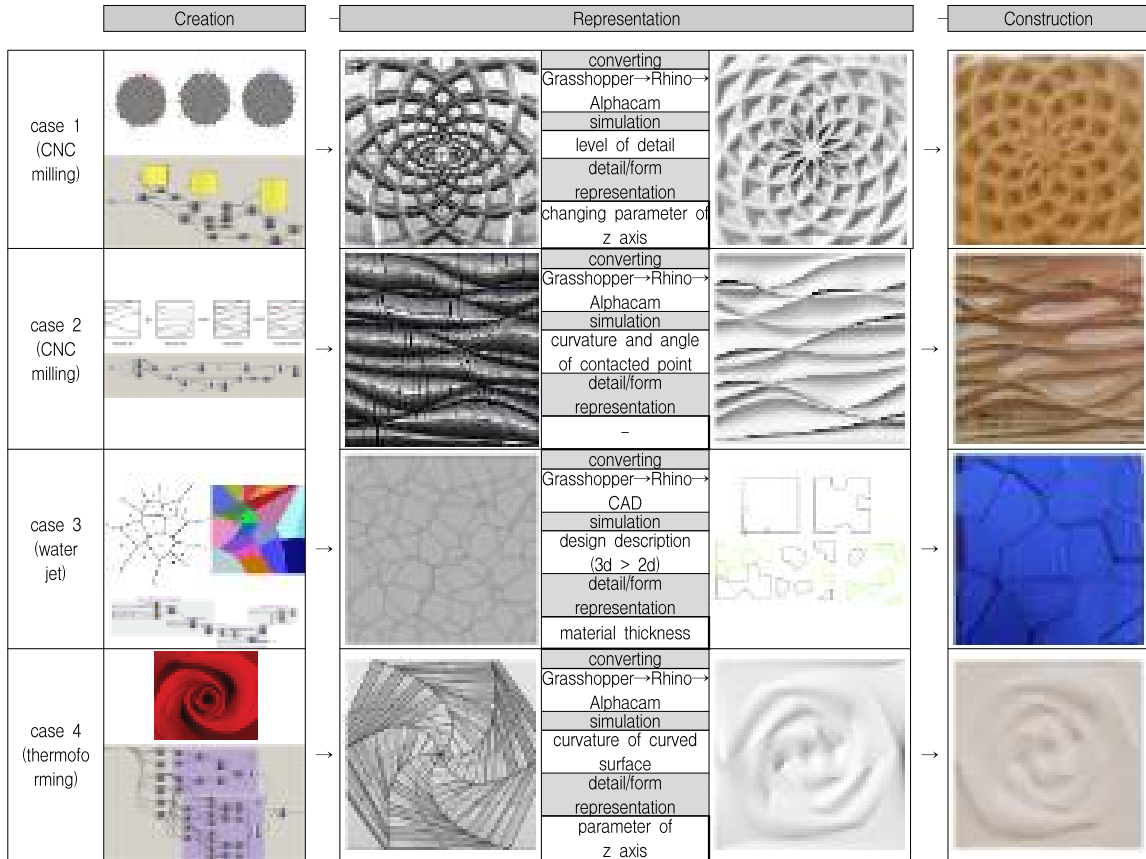
5.1 사례분석 방법

디지털 패브리케이션 프로세스의 합리화에 관한 분석을 위하여 디자인 과정에 해당 연구 모형을 적용한 비정형적 인테리어 패널 사례를 제작 및 분석하였다. 모든 사례는 디지털 패브리케이션에 관해 기초적인 지식을 가진 건축관련 전공의 재학생들에 의해 제작되었으며, 각 사례의 디자인 프로세스는 라이노의 그래스하퍼를 바탕으로 생성 및 재현 단계를 거친 후 라이노, 알파캠, CAD와 같은 프로그램을 활용하여 CNC 밀링, 워터젯, 열성형(Thermo forming) 방식으로 구축되었다. 이때 연구 모형의 주요점인 합리화 과정의 경우, 각 사례의 디지털 모델의 형태 혹은 수치적 변화로 한정하였다.

5.2 사례분석 결과

본 연구의 디지털 패브리케이션 프로세스 연구 모형을 바탕으로 사례 분석을 진행한 결과는 (그림 5)와 같다. 모든 사례의 생성단계는 라이노의 그래스하퍼에 의해 진행되었으며 디지털 모델은 모두 라이노상에 재현되었다. 각 모델들은 패브리케이션 유형에 따라 각각 알파캠, CAD와 같은 프로그램으로 이동되었으며, 라이노의 높은 상호호환성을 바탕으로 효율적으로 진행되었다. 하지만 사례3의 경우 변환과정에 있어 디지털 모델의 형태적 수정작업이 진행되었는데, 해당 사례가 2D 패브리케이션 기법을 사용함에 따라 이에 적합한 모델을 재구성하는 과정을 거쳤기 때문이다. 이는 소프트웨어 사이의 연계는 잘 이루어졌으나 하드웨어적 특성에 의하여 합리화 과정이 진행되었음을 의미한다.

(그림 5) 사례의 합리화 과정 분석



(Figure 5) Analysis of Rationalization of Cases

또한 하드웨어적 특성을 검증하는 시뮬레이션 과정은 CNC 밀링의 지름에 의한 최소 크기 변화, 3차원의 축을 바탕으로 하는 기계 움직임에 의한 곡면의 곡률 변화와 같은 합리화 과정이 이루어졌다. 디테일 및 형태 재현과정은 심미적 효과 및 의도된 디자인과의 유사성을 바탕으로 하는 수정작업을 의미하며 본 사례에서는 높낮이의 변화, 즉 디지털 모델의 z축의 변화에서 나타났다. 사례1과 사례4는 시뮬레이션 과정에 의하여 검증된 모델의 최소 크기와 곡률의 최대치를 바탕으로 곡면 표현을 극대화하였으며, 사례3 또한 2D 패브리케이션의 하드웨어적 특성에 의한 디테일 재현의 한계를 극복하기 위하여 레이어의 두께를 변화하는 과정을 거치게 되었다. 이때 사례2는 이와 같은 디테일과 형태 재현과정에 의한 디지털 모델의 변화가 가장 적게 발생

하였는데, 이는 디자인 초기단계부터 소프트웨어의 상호호환성 및 하드웨어의 기계적 한계에 대한 이해를 바탕으로 디자인 프로세스의 효율성을 증가시켰음을 알 수 있다.

사례분석 결과를 종합하면, 변환은 시뮬레이션에 사용되는 소프트웨어의 상호호환성을 바탕으로 하는 모델의 재현과 관련되어지며, 시뮬레이션은 하드웨어의 기능적 요구조건과 디지털 모델 사이의 적합성을 검증하는 과정이다. 그리고 이때 발생된 디지털 모델의 변화 및 심미적 효과를 위한 추가적인 디자인 작업을 디테일 및 형태 재현으로 정의할 수 있으며, 이는 디지털 패브리케이션 프로세스의 합리화 과정은 각 단계에서 얻어진 정보의 활용을 바탕으로 하는 순환적 프로세스임을 의미한다.

6. 결론

본 연구는 디지털 기술의 발전에 따라 다양해지는 디지털 제작 방식에 대하여 실질적인 제작을 위한 통합적 디지털 패브리케이션 프로세스에 관하여 논의하였으며, 디지털 패브리케이션 프로세스의 특성 및 재현단계의 합리화 과정에 관한 고찰과 사례를 바탕으로 디자인 프로세스의 연구 모형을 작성하였다. 연구 모형은 디지털 패브리케이션 프로세스의 소프트웨어 및 하드웨어적 특성을 기반으로 하는 1) 적용 소프트웨어의 상호호환성을 반영하는 변환 과정과, 2) 제작 하드웨어의 기계적 특성을 고려하는 시물레이션 과정, 3) 갱신된 디지털 모델을 기존의 의도된 디자인과의 유사성을 유지시키며 심미적 효과를 극대화하는 디테일 및 형태재현 과정으로 구성되어있다.

해당 연구 모형을 바탕으로 사례분석을 진행한 결과, 각 사례의 디지털 패브리케이션 프로세스의 변환-시물레이션-디테일 및 형태재현의 과정은 일방향적 프로세스가 아닌 각 단계에서 얻어진 정보의 활용을 바탕으로 함을 알 수 있었다. 따라서, 디지털 패브리케이션의 합리화 과정은 소프트웨어의 상호호환성과 하드웨어의 기능적 요구조건에 대한 검증을 바탕으로 의도된 디자인을 유지시키면서 디지털 모델을 수정 및 보완하는 순환적 프로세스로 요약될 수 있다.

본 연구를 통해 디자인 초기부터 실제 제작가능성을 고려하는 디지털 패브리케이션 프로세스 통합적 접근과 이를 위한 합리화 과정의 적용에 관하여 논의하였다. 그러나 모든 패브리케이션 방식을 대상으로 한 것이 아닌 한정된 사례라는 사실을 보완하기 위해서, 향후 보다 많은 디자인 부재 등의 사례 요소 및 다양한 패브리케이션 방식에 대한 분석이 필요할 것이다.

References

- [1] Cho Minjung., "A Study on the Implementation of Integrated Digital Design Process for Representation and Construction of the Exterior Surface in Free-Form Architecture". Journal of digital design, Vol.11, No.2, pp.267-276, 2011.
- [2] Bae, Kyung-Jin., Lee, Sang-Heon. and Jun, Han-Jong., "A Study on Digital design process of the materialization of Free form Design architecture", Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea, Vol.29, No.1, pp.221-224, 2009.
- [3] Sass, L., and Oxman, R., "Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design. Design Studies", Vol.27, No.3, pp.325-355, 2006.
- [4] KOLARE.VIC, Branko (ed.), "Architecture in the digital age: design and manufacturing". Taylor & Francis, 2004.
- [5] Lee, Ghang., "Construction Issues of Irregular-Shaped Buildings". Review of Architecture and Building Science, Vol.52, No.4, pp.63-65, 2008.
- [6] Park, Jung-Dae., "Digital technology and architectural design process on the construction of curved forms". Ph.D. dissertation Seoul National University. Seoul, Korea, 2005.
- [7] Lee, Sang-Pil., Jeon, Young-Hoon. and Choi, Yoon-Kyung., "A Study on the Tectonic in the Digital Technology", Journal of the Architectural Institute of Korea, 23(8), pp.135-142, 2007.
- [8] Oh, Kun-soo., Song, Jeong-Hwa., and Kim, Kyung-Hwan., "Development of an Evaluation System for BIM-based Friendly-Environment Preliminary Certification." Journal of Digital Contents Society, 13(4), pp.483-490, 2012.
- [9] Park, Jung-Dae. and Kim, Jin-Kyun., "A Study on Digital Design Process in Frank O. Gehry's Architecture", Journal of the Architectural Institute of Korea, 20(10), pp.173-182, 2004.
- [10] Park, Jung-Dae., "A Study on Digital Technology for the Construction of Curved Forms", Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol.21, No.12, pp.183-192, 2005.
- [11] Lyu, Ho-Chang., "Characteristics of Digital Tectonics of Free-form Structures designed through Digital Technology", Journal of the Architectural Institute of Korea, 20(10), pp.173-182, 2004.

1 Process”, Design Forum, Vol.25, pp.225-236, 2009.

[12] Park, Jung-Dae., “A Study on the Paradigm Shift in Digitally-Driven Architectural Design Process”, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol.22, No.1, pp.121-130, 2006.

[13] Seely, J. C., “Digital fabrication in the architectural design process” (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology), 2004.

[14] Lee, So-Youn. And Lee, Nak-Woon., “Characteristics of Design Process on the Digital Architecture”, Research report the institute of industrial technology, Vol.25, No.B, 2005.

[15] Han, Ji-Yeon., Kim, Dong-Hyun. and Park, Jung-Dae., “A Study on the Classification and its Features of Fabrication Types in Realizing Double-curved Surface of Free Form Architecture”, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol.29, No.12, pp.3-14, 2013.

[16] Willis, K. D., Xu, C., Wu, K. J., Levin, G., & Gross, M. D., “Interactive fabrication: new interfaces for digital fabrication”, In Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction ,pp.69-72, 2011.

[17] Benhabib, B. “Manufacturing: design, production, automation, and integration”. CRC Press, 2003.

[18] Agkathidis, Asterios, “digital manufacturing in design and architecture”, Spacetime, Seoul, pp.4-135, 2010.

[19] KOLAREVIC, Branko., “Digital fabrication: manufacturing architecture in the information age”, Proceedings of Association for Computer Aided Design in Architecture, Buffalo, New York, 2001.

[20] Hwang, Doong-Wook., “Architectural Design through Digital Fabrication”, Review of Architecture and Building Science, Vol.58, No.2, pp.10-16, 2014.

[21] Iwamoto, Lisa., “Digital Fabrications-Architectural

and Material Techniques”, Spacetime, Seoul,

[22] <http://krdic.naver.com/detail.nhn?docid=41683800>

[23] Pottmann, H., “Architectural geometry as design knowledge”, Architectural Design, Vol.80, No.4, pp.72-77, 2010.

[24] Pottmann, H. “Architectural Geometry and Fabrication-Aware Design”, Nexus Network Journal, Vol.15, No.2, pp.195-208, 2013.

장수정



2014년: 한양대학교 실내건축디자인학과 학사
2014년~현재: 한양대학교 대학원 석사과정

관심분야 : 디지털 디자인, 실내건축디자인 등

이현수



2014년: 한양대학교 실내건축디자인학과 학사
2014년~현재: 한양대학교 대학원 석사과정

관심분야 : 건물정보모델링(BIM), 실내건축디자인 등

이진국



2000년: 연세대학교 이학학사
2003년: 연세대학교대학원 이학석사
2010년: 미국 조지아텍 건축대학 공학박사(디자인컴퓨팅, DB)

2005~2012: 조지아텍 디지털빌딩연구소 연구원
2011~2011: 오토데스크사 IDEA스튜디오 연구원
2012~현재: 한양대학교 실내건축디자인학과 조교수
관심분야 : 디자인컴퓨팅, 건물정보모델링(BIM), 디지털디자인, 실내건축디자인 등