

비정형 건축 구현을 위한 디지털 디자인 프로세스에 관한 연구

A Study on Digital design process of the materialization of Free form Design Architecture

이 재 국 | Lee, Jae-Kook

정회원, 서일대학 건축과 교수, 공학박사

이 강 복 | Lee, Kang-Bok

정회원, 동국대학교 건축공학과 대학원 박사과정

Abstracts

Starting in modern times by Le Corbusier, architectures made by concretes are still developing in these times. For several decades, the shape of box architecture has been the most familiar type of buildings. Of course “The concrete is the type of box building” isn’t always right, but what we have most seen was the buildings which has been stylized and made by concretes. Through modern times to these days based on international style and functionalism, the type of box building was the most effective and good profit type of architecture which has not disregarded the capitalism. Free-form building are becoming a common place, and many of these are designed and constructed using sophisticated techniques. The main technique being used is Generative Technology of Form for free-form construction. People’s interest is growing in this, and it is becoming widely used both abroad and domestically. The purpose of this paper is to investigate the use of Generative Technology of Form which is a digitally adapted design methodology in architecture. The digital design process used for contemporary buildings share many typical features that exist within a standard digital template, but also an increasing amount of mass customization that has to be produced at an additional cost. This paper will summarize these features in terms of free-form architecture, and in terms of the digital design process. In fact, 3D models have to be conceded as main design products considering features of Free Form Design Architecture. However it is practical to design twice over, because all forms of architectural drawings are 2D. From now on, design of Free Form Design Building is not to separate between design process and practical process, but to compound them as unified design system applied the process to communicate information interactively. For this, it should be required to impose unified digital design process and perform researches about effective way to apply in the field of Free-form Design Architecture.

Keywords

Digital Design process, Free Form Architecture, CATIA,

키워드

디지털 디자인 프로세스, 비정형 건축물, CATIA

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

근대 르 코르뷔제로부터 시작하여 콘크리트를 이용한 건축은 지금까지도 발전하고 있다. 수십 년간 박스형태의 건축물은 우리에게 너무나도 쉽게 접할 수 있었던 건축물의 형태였다. 물론 ‘콘크리트는 곧 박스형태의 건물이다.’라는 정의는 성립하진 않지만 우리가 흔히 볼 수 있는 건축물은 대부분은 정형화된 건축물이다. 국제주의 양식과 기능주의에 입각한 근대 건축에서 현재에 이르기까지 박스형태의 건축물은 자본주의를 거스르지 않는 가장 효율적이고 최대의 이윤을 창출 할 수 있는 건축물의 형태로 자리 잡았다. 하지만 최근 컴퓨터와 정보기술의 발전으로 인하여 건설 산업에서 비정형 건축물의 구현에 대한 관심이 높아졌으며 그에 따라 비정형 건축물을 구현하는 방법인 디지털 디자인 프로세스에 대한 연구도 많이 진행되고 있다. 최근 몇 년 사이 혁신적인 디자인 프로세스에 의해 건축물로 구현된 작품들이 증가하면서, 디지털 디자인 프로세스의 구축적인 의미를 이해할 수 있는 구체적인 방법론을 필요로 하고 있다.

본 연구에서는 디지털 디자인 프로세스에 관한 분석과 비정형 건축물 구현에 디지털 디자인 프로세스가 적용된 배경과 사례를 분석하여 기존의 디지털 디자인 프로세스의 한계를 보완하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구에서는 디지털 디자인 프로세스의 개념 및 특징에 대한 설명과 디지털 디자인 프로세스를 활용한 설계를 통해 구현된 비정형 건축물의 사례를 분석한다.

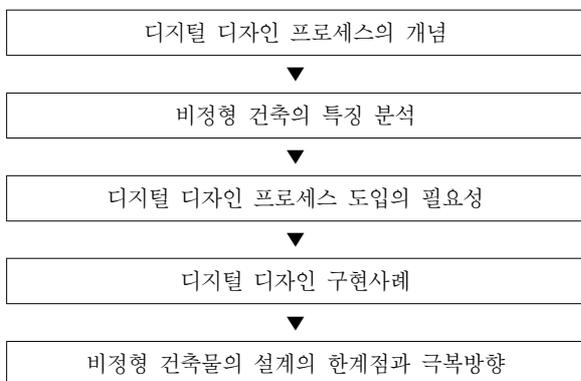


그림 1. 연구방법

2. 본론

2.1 디지털 디자인 프로세스의 개념

디지털 디자인 프로세스는 ‘개념-구축-재현’의 개념으로 복잡한 형태의 제어가 가능한 데이터의 형태가 유지된 채 시공단계까지 일관되게 통합되는 일련의 디자인 과정으로 정의하며 이는 다시 ‘개념-전개-재현-제작-조립’의 5단계로 구분된다.¹⁾ 다음의 표 1은 디지털 디자인 프로세스의 단계에 대하여 간략하게 도식화한 것이다.

표 1. 디지털 디자인 프로세스

디지털 디자인프로세스		프로세스 내용
개 념	개념발의 Concept Initiative	표현의 매개체를 통한 디자인 개념의 구체화
	개념전개 Concept Development	디자인의 요구조건을 충족하는 최종 디자인 도출
재 현	재현 Representation	실질적인 구축을 위한 측정 가능한 형태로의 기술
구 축	제작 Fabrication	도면규격에 맞는 부품 제작
	조립 Assembly	공정과 구축논리에 의한 부품 합성

이전의 디지털 디자인 프로세스의 의미는 작가의 형태적 의도를 드러내는 복잡한 형상을 지을 수 있게 해주는 수단으로 한정하고 있었으나,²⁾ 기술이 발달함에 따라 개념적인 사고가 이루어지는 디자인의 초기 과정에서부터 완성된 건축물로 이어지는 디자인의 전

1) 박정대, 김진균, ‘프랭크게리의 디지털 디자인 프로세스에 관한 연구’, 대한건축학회논문집, 20권 10호, 2004.10.pp.173-182

2) 박정대, 곡면형상의 구축을 위한 디지털기술과 건축디자인 프로세스, 서울대학교 대학원,2005.5

반적인 과정 전체가 디지털 디자인 프로세스에 의해 연속적으로 통합되는 구축 프로세스로서의 역할과 필요성이 더욱 커지고 있다. 건축의 개념 전개에서부터 실제로 구현되는 단계인 제작, 조립단계까지가 하나의 통합된 프로세스로 이루어진다면, 이전까지 재현-구축 부분에서 시공을 제어하기 위한 도구적 역할만으로 한정 되어 온 문제를 해결할 수 있는 방법이 될 뿐만 아니라 건축 행위의 범위를 넓히고 한계성을 극복할 수 있을 것이다.

표 2. 비정형 건축 설계프로세스

	디자인 개념	디자인 전개	재현
비정형 설계 프로세스	표현매개체를 통해 디자인 개념을 구체화	디자인 요구 조건을 충족시키는 최종 디자인 도출	실질적인 구축을 위한 도면 형태의 기술
	기획설계	계획설계 기본설계	실시설계

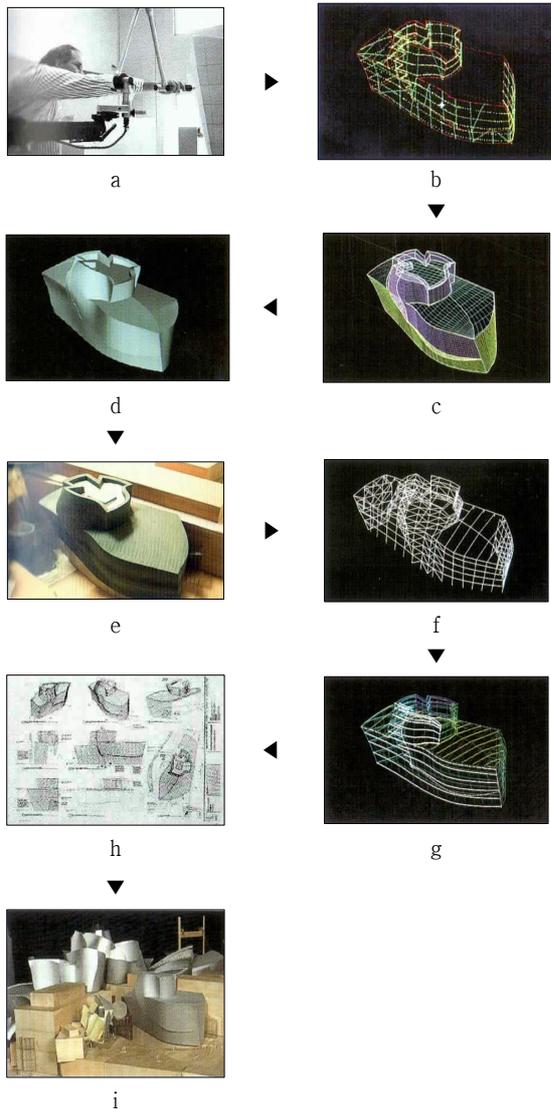


그림 2. 프랭크게리의 '재현-구축' 디자인 프로세스

앞서 '개념과 재현', '재현과 구축에 대한 프로세스'를 3단계의 과정으로 설명하면 다음의 표 2와 같다.

디자인 개념은 창의적인 아이디어가 발아되는 초기 단계로서 드로잉, 이미지, 사진, 다이어그램, 모형, 통계 및 분석을 통한 데이터 자료들 다양한 표현 매개체를 통해 디자이너의 사고 체계 내에 가상적으로 존재하는 디자인 개념을 적절한 매개물로서 구체화시키는 과정이며, 기획설계를 포함한다.

디자인 전개는 표현 매개체를 통해 구체화된 디자인 개념을 전개시켜 대지, 용도, 프로그램, 규모, 공간 등의 디자인 요구조건을 만족시키는 적절한 대안검토를 통해 최종적인 디자인을 결정시키는 단계로 계획설계와 기본 설계를 포함하는 과정이다.

재현의 단계는 최종 디자인이 구체적인 물성을 갖기 위해 전환되는 '재현'의 과정을 통해 실질적인 구축에 필요한 기호와 치수로 정의된 도면의 형태로 기술되며, 실시설계의 과정이 이에 해당한다.

2.2 디지털 디자인 프로세스의 특징

디지털 디자인 프로세스는 영향을 미치는 영역에 따라 '개념-재현' 영역과 '재현-구축' 영역으로 구분한다.³⁾'개념-재현' 영역은 역동적이고 예측 할 수 없는 새로운 형태생성을 위해 디자인 초기과정에서부터 디지털 디자인 프로세스에 의해 형태를 전개시켜나가는 반면, '재현-구축'영역은 자신의 개념적 형태를 지을 수 있게(buildable) 해주는 실용적인 도구적 역할로만 디지털 디자인 프로세스를 활용한다. 즉, 디지털 디자인 프로세스는 새로운 형태성 논리와 새로운 생산수단으로서의 시공제어논리라는 두 가지 측면을 지닌다. 표 2는 디지털디자인 프로세스의 2가지 측면의 특징과 종류, 사용되는 기법 및 대표적인 사례를 나타낸 것이다. 표 3은 비정형건축물의 형태를 도출해내는 유형의 특징과 대표적인 건축가를 나타낸 것이다.⁴⁾

3) 박정대, 김진균, '프랭크게리의 디지털 디자인 프로세스에 관한 연구', 대한건축학회 논문집, 20권 10호, 2004.10. pp.173~182

표 3. 디지털 디자인 프로세스의 특징

디지털 디자인 프로세스				
	분 류	기 법	구현사례	적용 범위
개념 - 재현 영역	형태 변이	보간법 모핑 (morphing)	Tours Arts Center (1994/Eisenmann)	디자인 초기 과정에서부터 디지털 디자인 프로세스에 의해 형태를 전개시킴
	디지털 건축에서 형태 생성을 위해 일반적으로 활용되는 방법			
	운동 기반 역학 시스템	Kinematics/Dynamic (Metaballs, Particle systems)	House Prototype (1994/Greg Lynn) New York Presbyterian Church (1998/ Greg Lynn)	
	형태 형성을 제어하기 위한 조건, 형태 자체의 별도의 생성 조건이 존재			
	유전자 알고리즘	Reptile system / Lindermayer system	Texta (2001) Shea (2002)	
	생물학 성장과 형태 개념인 자연의 진화 모델은 건축적 형태를 위한 생성 프로세스로 적용			

	분 류	기 법	구현사례	적용 범위
재현 / 구축 영역	디지털 곡면 재현의 선례적인 시도	Associative Geometry/CATIA	Waterloo Station (1993 / Nicholas Grimshaw) Barcelona Fish (1992 / Frank O. Gehry) ING Bank & NNH Head Offices (1997 / Eric Van Egeraat)	자신의 적 형태를 할 수 있도록 해주는 실용적/도구적 역할로 만듦 디지털 프로세스
	90년대 초, 복 잡한 곡 면 구조를 위한 디지털 기반의 기술적 기법 사용			
	역공학	Digitizing (3D scanner : FARO.CAT / Rapid Prototyping (3D Printer ; STL)	Guggenheim Musium (1997 / Frank O. Ghery) Turbulence House (2002 / Stven Holl)	
디자인 개념을 형상화 시킨 구체적 인 실물 모형 을 직접 인 디지털 정보로 시켜 디자인 프로세스에 적용				
재현 / 구축 영역	디지털 사전 제작 (Digital Prefabrication)	디지털 생성 (CNC Milling) 디지털 거푸 집 (monocoque)	Walt Disney Concert Hall (2003 / Frank O. Gehry) Nat West Media Center (1996 / Future system)	
	건축물이 지닌 다 품종 소량 생산의 특이성을 고려한 맞춤형 제작 방법			

4) 김석태, '비선형 공간구성의 특징에 기초한 디지털 건축 디자인의 기술적 유형 연구', 디자인학연구, 2003.12

3. 디지털 디자인 프로세스와 비정형건축

3.1 비정형 건축물의 특징

비정형 건축에서 의미하는 ‘비정형’이라는 단어는 단순히 정형성에 상반되는 개념이 아니라 합리주의적, 기능주의적 관점에서 벗어나서 작가의 조형의지를 극대화 시킨 형태라고 정의한다.

비정형 건축형태의 조형적 특징은 표현주의적 자유 형태를 추구하는 것으로 왜곡된 원, 다양한 곡률을 가지고 있는 곡선들, 평행하지 않는 선 등이 서로 독립성을 유지하며 중첩되거나 우연적으로 통합되어 나타난다는 점이다. 또한 이러한 건축형태의 구성은 건축물의 외피재료, 외형 등을 통해 입체적으로 표현되며, 이러한 것들을 종합하여 비정형 건축의 형태개념을 정의한다. 비정형건축의 디자인형태를 도출해내는 개념에 따라 몇 개의 개념으로 나누어지며, 디지털 디자인 프로세스를 이용함으로써 비정형 설계에서의 개념적 형태 도출은 더욱 쉽게 되었다.⁵⁾

표 4. 형태구성 프로세스

형태구성 프로세스		
	특징	대표 건축가
자유 곡선의 도입	1970년대에 제기되었던 카오스이론에 근거하는 것으로 복잡하면서 반복된 변형에 의해 형태를 도출	E.Ushida&K.Findlay William Latham Ashton Raggat Mcdougall Preston Scott Cohen
	디지털 기술을 이용하여 반복된 변형값을 수치화 하고, 그래픽 기술에 의해 개념을 시각화 한뒤 건축물에 도입	
탈관념 / 의외성의 형	현대의 3차원적이고 기하학적인 모델러의 발달은 다양한 모형 실험을 가능하게 함.	Frank O.Gehry Peter D. Eisenman Morposis
	디지털 디자인 프로세스는 건물 형태의 연	

5) 박정대, 곡면형상의 구축을 위한 디지털기술과 건축디자인 프로세스, 서울대학교 대학원, 2005.5

태도출	구 및 개발과정에서 시각적으로 다양하고 의외적인 돌출형태를 제시할 수 있게 되어, 새로운 그래픽의 근거를 제공	
대체외력의 자기복제	중력이 아닌 특정한 외력에 의해서 오브제의 형태를 구성하는 하나의 가이드라인을 형성하고 있다고 봄.	Greg Lynn Marcos Novak
	디지털 공간 내의 공간조형에서도 실세계가 존재하는 물리적인 외력을 대체할 만한 요인을 찾고자 함.	

표 4는 비정형 건축물의 형태를 도출해내는 유형의 특징과 대표적인 건축가를 나타낸 것이다.

3.2 비정형 건축물의 디지털 디자인 프로세스 도입의 필요성

비정형 건축에서 디지털 기술의 도입은 설계과정과 구축과정을 보다 효율적이고 체계적으로 발전할 수 있는 계기를 마련하였다. 설계단계인 2차원적 도면만으로는 할 수 없는 비정형 형태를 3차원 모델링 작업을 통하여 설계초기 단계에서부터 디자인된 형태를 검토할 수 있게 되었으며 그 결과, 보다 효율적이고 체계적인 디자인을 발전시킬 수 있게 되었다.

구축단계에서는 선행 프로세스인 설계단계에서 디자인된 형태를 구조정의와 외피분할을 통하여 구축에 이르는 프로세스를 통하여 디자인을 구현시키며, 이는 비정형 형태를 구성하고 있는 구조방식과 표피시스템의 관계를 알아보기 쉽도록 한다. 이러한 단계적 방법은 비정형 건축 설계가 좀 더 효율적이고 체계적으로 이루어지도록 한다.⁶⁾

표 5는 비정형 건축이 구형되는 단계별 디지털 디자인 프로세스를 도식화하여 나타낸 것이다.

6) 박정대, 구축과 관련된 디지털 기법의 특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 21권 12호,2005.12.pp.183~192

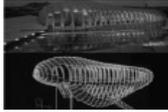
표 5. 비정형건축 구현 프로세스

Free Form Design Process			
Concept	Presentation	Construction	
	곡면유형분석	구조형식	표피형식
	정형화 곡면	철골트러스	삼각형 면분할
	단방향 곡면	리브	사각형 면분할
	이중휨 곡면	곡면트러스	다각형 면분할
		포탈프레임	Prototype 면분할
		곡면셸	임의형태 면분할
		모노코크 (monocoque)	모노코크 (monocoque)

4. 사례분석

아래의 표 6는 현재 구현된 비정형 건물에 대해 나열한 후 건물형태 개념 및 구현방법으로 나누어 분석한 것이다.

표 6. 비정형 건축물 사례분석

년도	건물명	개념	프로세스
1997	ING Bank 	고래 형태의 Blob 모양 물방울 형태의 정형화 곡면 가로방향의 26개 목구조 리브	일차적인 디지털 기법으로 3차원 모델링 뒤, 목재프레임을 제작
1997	Guggenheim Bilbao Museum 	꽃과 자유로운 형태의 형상화 1차 구조물 (직선철골부재) 2차 구조물 (곡선원형부재)를 캔틸레버 형식의 연결바로 부착	CATIA를 사용하여 비정형 설계를 보다 더 과학적으로 계산 시도

1999	BMW Pavilion 	둥글고 투명한 비누방울 등근형태의 정형화된 곡선 전형적인 곡면 셸구조	비누방울 형태의 투명스킨 제작을 위해 CNC 밀링 가공을 통해 곡률이 정확하게 재현된 몰드 사용 곡면 셸구조의 형상화가 가능한 것을 보여준 예시
2000	Experience Music Project 	기타삼 쓰레기 더미 형상화 단방향 곡면 곡면프레임을 실현시켜서 외표면을 따라 구조물의 설치가 가능해짐	CATIA를 사용하여 비정형 설계를 보다 과학적인 계산으로 시도함 임의의 곡률값이 가능한 기계를 사용하여 철재빔을 임의의 형태로 굽혀서 1차구조물이 외형을 따라가도록 제작
2002	Walt Disney Concert Hall 	만개한꽃의 형상화 단방향곡선 철골트러스 구조체계 석재 곡면프레임으로 외피구성	자동 CNC/milling 기법으로 CAD/CAM 기법이 적용된 최초의 사례
2007	Zlote Tarasy 	비정형적/유기적인 구형 이중휨 곡면 철골부재의 절점과 각 형강위에 삼각형 유리블록을 씌워서 제작	CATA를 사용하여 모델링한 후, 구조하중을 분석하고 CFD 해석에 의해 외피 유리판을 제작함

초기의 비정형 건축물과 최근의 비정형 건축물이 지어진 모습과 방법으로 비교해 보면 약 10여 년 간 디지털 디자인 프로세스는 지속적인 발전을 이루고 있다. 이에 따른 건물의 형태적 특징도 다양성이 넓어지면서 진행되어온 것을 알 수 있다. 비정형 건축물의 구현방법을 살펴보면 Dassault System의 CATIA 프로그램의 사용으로 인하여 건물의 설계를 수치화, 객관화를 할 수 있게 되었다. 또한 곡면의 외피 제작에 있어서는 CNC 밀링 기법을 사용함으로써 각각의 곡

를 값을 계산하고, 수치화 하였다.

그 결과 과거의 비정형 건축물은 단순히 외피만을 곡면을 사용하거나 1차적인 모델링만을 디지털 디자인 프로세스로 만든 다음 2차적인 구조부재를 사용하여 건축물을 구현한 것에 비해, 프로그램을 사용한 최근의 건물들은 구조적인 부분도 해결할 수 있게 됨으로서 건물의 외피뿐 아니라 내벽과 내부 공간 등에서도 곡선과 비정형적인 형태를 시각적으로 느낄 수 있게 되었다. 현재 비정형 설계에 있어서는 많은 프로그램들을 사용하여 비정형 건축물들을 구현하고 있다. 현실적으로 비정형의 설계 특성상 3D 모델을 주요 성과물로 인정을 해야 하지만 모든 도면의 형태는 2D로 이루어지고 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 현대 사회의 큰 화두가 되고 있는 디지털 디자인 프로세스에 대해서 조사하고 비정형건축물의 설계에 디지털 디자인 프로세스가 요구되는 필요성에 대해서 알아보았다.

앞으로의 디지털 디자인 프로세스의 개념 중 ‘개념-재현-구축’의 단계에서, 프로세스가 사용되는 역할에 따라서 ‘개념-재현’과 ‘재현-구축’의 단계로 나누어서 각 특징들을 분석 하였다. 하지만 개념의 형태를 시각화시키는 디자인 측면에만 치우치거나 반대로 실제 구현되게 하는 방법적 측면에만 치우치게 된다면 설계의 전반적인 흐름이 연결되지 못한다. 전자는 디자인의 개념적인 형태만 가능하고 실제로 구현되지 못한다는 문제점이 있으며, 후자는 프로세스를 하나의 제작방법으로 인식하여 설계 차원의 디자인 구현이 아닌 프로그램의 결과물로서만 존재할 가능성이 있다. 앞으로 비정형 건축물이 구현되기 위해서 필요한 디지털 디자인 프로세스는 디자인과 구현이 통합된 하나의 시스템으로 존재해야 한다. 현재 국내에서도 많은 비정형 건축물들이 설계되고 시공되고 있다. 비정형 설계에 있어서는 많은 프로그램들을 사용하여 비정형 건축물들을 구현하고 있다. 현실적으로 비정형의 설계 특성상 3D 모델을 주요 성과물로 인정을 해야 하지만 모든 도면의 형태는 2D로 이루어지고 있기 때문에 2중으로 작업이 되고 있는 것이 현실이다. 향후 비정형 건축물의 설계는 설계단계에서의 디자인 형성과정과 실제로 구현되기 위한 프로세스 과정이 분리되는 것이 아니라 하나의 통합된 설계시스템으로

존재해야 하며, 상호 보완적으로 정보가 전달되고 활용될 수 있는 프로세스가 적용되어야 한다. 그러기 위해서는 비정형 건축물 설계에 있어서 통합적인 디지털 디자인 프로세스의 도입과, 효과적인 적용 방안에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 밀프레드 프리드먼, "Gehry Talks : Architecture +Process", 미메시스, 2010
2. 빌딩스마트 협회, "The BIM", Spring 2009
3. Farshid Moussavi, "The Function of Formt", Harvard University, 2009
4. Farshid Moussavi & Michael Kubo, "The Function of Ornament", Harvard University, 2008
5. 김영균, 비정형건축의 구축과 디지털기술에 대한 연구, 한양대학교 건축대학원, 2006
6. 박정대, 디지털 미디어에 의한 건축디자인 프로세스의 변화에 대한 연구, 대한건축학회논문집 22권1호, 2006
7. 박정대, 구축과 관련된 디지털 기법의 특성에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 21권 12호, 2005.12
8. 박정대, 곡면형상의 구축을 위한 디지털기술과 건축디자인 프로세스, 서울대학교 대학원, 2005.5
9. 박정대, 김진균, '프랭크게리의 디지털 디자인 프로세스에 관한 연구', 대한건축학회 논문집, 20권 10호, 2004.10
10. 김석태, '비선형 공간구성의 특징에 기초한 디지털 건축 디자인의 기술적 유형 연구', 디자인학연구, 2003.12

논문접수일 (2011. 3. 3)

심사완료일 (1차 : 2011. 3. 20, 2차 : 2011. 4. 29)

게재확정일 (2011. 5. 6)