

디지털 건축에서 나타나는 재료의 기술적 표현 유형 및 특성

Technical Expressive Characteristics of Materials in Digital Architecture

류 호 창

건국대학교 디자인조형대학 실내디자인학과 교수

Lyu Ho-Chang

Dept. of Interior Design , Konkuk University

* 이 논문은 2010년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임

1. 서론

- 1.1 연구 배경
- 1.2 연구 범위 및 방법

2. 재료 표현의 시대적 변화

- 2.1 재료 표현의 건축역사적 시각 변화
- 2.2 디지털 시대의 재료적 물성

3. 디지털 건축에서 재료의 의미

- 3.1 디자인 프로세스에 의한 재료
- 3.2 구축기술에 따른 재료
- 3.3 표현수단으로서의 재료

4. 디지털 건축 재료의 표현 유형별 특성

- 4.1 평면적 표현
 - 4.1.1 디지털 이미지 조판
 - 4.1.2 디지털 타공
- 4.2 반입체적 표현
- 4.3 입체적 표현
 - 4.3.1 적층을 통한 텍스처라이징
 - 4.3.2 유닛의 조합을 통한 텍스처라이징

5. 결론

참고문헌

논문요약

20세기말부터 디지털 기술이 창조적 작업 도구로 사용되기 시작하면서 건축 형태와 함께 재료적 표현에 큰 변화가 시작된 후, 디지털 건축은 건축 재료와 생산 과정에서 새로운 가능성을 지속적으로 보여주고 있다. 디지털 기술의 발전은 기능 중심의 디자인 개념에서 보다 감각적이고 표현적인 경향을 띄기 시작했고, 그 중심에는 혁신적인 디지털 가공기술에 의한 건축 재료의 표현력이 중심적인 역할을 하고 있다. 그런 관점에서 디지털 건축에서 나타나는 재료의 표현 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 디지털 가공기술이 적극적으로 적용되면서 재료의 물성적 표현은 표면을 통해 비물질화되며, 미시적 패턴을 보여주는 표면의 질감은 감각적 경험을 유도하는 경향을 보인다. 둘째, 평면적인 표현은 디지털 이미지를 각인시키는 방법과 디지털 타공 방법 등을 사용하여 재료의 표면을 이미지화시키거나 비물질화시킴으로써 재료의 전통적 해석을 새롭게

하고 있다. 셋째, 평면적 표현의 한계는 점차 반입체화 또는 입체화된 구성으로 발전하는데, 이 과정 역시 재료의 전통적 물성을 모호하게 하고 구축기술적 표현을 적극적으로 발현시킴으로써 참신성을 극대화시키고 있다.

주제어

디지털 건축, 재료적 표현, 디지털 디자인 프로세스, 디지털 패브리케이션

Abstract

After the big change had been made in architectural shapes and materials mainly due to the usage of digital technologies as creative working tools, new possibilities of architectural materials and those fabrication process in digital architecture have been sought. As function-oriented design concept shifted to the sensuous and expressive concerns, digital technologies are mainly used to enhance the expressive characters of materials. Thus, this study was focused to analyze technical expressive characteristics of materials in digital architecture. The results of the study are as follows;

1) By adapting digital device and technology aggressively, architectural materiality tends to be more dematerialized, and unprecedented level of intricate details of material finishes leads to more sensuous experience.

2) Digital image manipulation systems and engraving technology and digital perforation technology are used to produce new interpretation of materials such as dematerialization by denying conventional image of materials.

3) the limitation of two-dimensional material expression is overcome by combining cutting-edge three-dimensional digital fabrication technologies showing intricate constructional skills.

Keyword

digital architecture, material expression, digital design process, digital fabrication

1. 서론

1.1 연구 배경

최근 수십년동안 건축 디자인에서 큰 변화가 눈에 띄지 않았으나 20세기말부터 건축분야에서 디지털 기술이 창조적 작업을 위한 도구로 사용되기 시작하면서 건축형태와 구조는 물론 재료의 표현에 큰 변화가 시작되었다. 디지털 기술에 의한 재료의 혁신적 변화가 재료의 물성에 대한 새로운 해석을 가능하게 한 것이다. 장 누벨도 “공간적인 특질이 중요하지 않다. 건축의 본질이 공간을 다루는 것이라고 해도 재료질감으로부터 오는 특성, 또는 표면의 중요성 등이 점점 더 중요한 것이 되어가고 있다. 오브제간의 긴장이 표면들 즉 인터페이스로 옮겨가게 된 것이다”라고 했다. 이와 같이 21세기의 디지털 건축은 건축 재료와 생산 과정에서 새로운 가능성을 보여주려 하고 있다. 즉 재료의 물성이 가지고 있는 특질을 살리면서 동시에 디지털 기술을 활용한 다양한 변용을 통해 시각의 촉각성과 같은 감각적인 표현을 구현해내려는 경향을 보이고 있는 것이다. 다시 말해 디지털 기술의 급속한 발전은 오히려 공간디자인의 개념을 기능 중심에서 보다 감각적이고 인간중심적인 디자인으로 변화시키고, 건축을 이미 지로서 상징화시키려는 경향을 보인다.

건축 재료는 생산과 구축 방식의 기술력에 따라 형태가 결정되고 이는 곧 건축공간의 모습을 형성한다. 현대건축의 필수적인 재료인 콘크리트, 철, 유리, 플라스틱 등은 각각의 고유 물성을 통해 공간을 형성해 왔는데, 각기 장점이 있는 만큼 물성이 가지는 한계가 있기에 건축가들은 건축적 목적을 위해 재료들의 최적의 조합을 만들어 왔다. 그리고 진화되는 기술력은 물성 간의 경계를 무너뜨리며 재료 사용의 기존 관념을 변화시키고 있다. 결과적으로 건축의 모습은 건축기술이 발전함에 따라 이전에 비해 크게 자유로워졌고 특히 외피디자인에 있어서 그 표현이 매우 다양하게 접근되고 있다. 이런 혁신적인 건축 형태는 새로운 재료와 시공방식에 집중함으로써 얻어졌고, 작가의 창의적인 욕구는 새로운 재료에 대한 욕구와 함께 진행되었다. 동시대의 새로운 재료를 시도적이고 도전적으로 적용하려는 용기가 없거나 현대의 기술적 발전을 최대한 활용하지 못하는 디자이너는 시대에 뒤쳐질 것이라는 것은 자명하다. 따라서 창의적인 건축적 표현을 위해 새로운 재료와 공법을 찾아내려는 작가의 노력을 분석하는 연구 또한 시대적 요구라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 구상 및 디자인 과정상의 형태 생성을 위한 디지털

프로세스에 대한 연구는 폭넓고 다양하게 연구되어 왔으나, 디지털 프로세스가 적용된 재료의 결과적 표현 특성에 관한 분석은 상대적으로 많이 다루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 혁신적인 디지털 재료가공 기술에 의한 건축 재료의 물성적 표현을 다루고자 한다. 특히 건축 공간을 구성하는 중요한 표현 요소인 재료가 디지털 프로세스를 거쳐 새로운 물성으로 재해석되는 현상을 사례중심으로 분석하고자 한다. 특히 디지털 텍스처라이징(texturizing) 기술과 패브리케이션(fabrication) 기술이 함께 적용된 사례를 중심으로 표현적 특성을 알아보고자 한다.

1.2 연구 방법 및 범위

디지털 건축에서 재료의 표현적 특성을 알아보기 위한 선행 과정으로 재료를 통한 표현의 건축역사적 시각 변화와 디지털 건축에서 사용되는 재료의 물성에 대해 문헌자료 분석을 통해 살펴본다. 더불어 디지털 건축에서의 재료적 특성을 디자인 프로세스에 따른 재료, 구축기술에 따른 재료, 그리고 표현수단으로서의 재료로 구분하여 정리한 후, 디지털 패브리케이션 기술이 적용된 재료의 구조를 크게 평면, 반입체, 입체로 대별하여 구체적인 재료의 표현 특성을 디자인 사례 중심으로 분석하고자 한다.

사례 분석의 대상은 1990년대 이후 창작의 동기 제공으로서 디지털 기술을 적극적으로 적용함으로써 재료의 새로운 표현가능성을 보여준 작품을 중심으로 이루어졌다. 즉 재료의 물성이 디지털 기술에 기반하여 표현적 요소로 반영되는 특성에 중점을 두고 분석한다. 다만 건축구조적 스케일의 분석은 본 연구범위에서 가능한 제외하였다. 즉 총체적인 건축의 외형적, 구조적 스케일로 디지털 기술이 적용된 작품에 대한 분석을 거시적 접근이라고 정의한다면 본 연구에서는 초점을 좁혀 디지털 기술의 접합을 통해 나타나는 재료의 미시적이며 표피적인 표현 특성에 대한 분석을 연구의 주된 대상으로 하였다. 특히 최근 많은 논문들이 재료의 물성을 변화시키는 디지털 디자인 프로세스에 초점을 맞추었다면, 본 연구에서는 결과적인 재료의 표현 특성에 초점을 맞추었다.

2. 재료 표현의 시대적 변화

2.1 재료 표현의 건축역사적 시각 변화

원시시대를 포함한 고대에는 건축의 구축술에 한계가 있어 재료의 특성에 따라 구축방법에 대한 국민의 흔적이 구조물의 형태에 절대적으로 영향을 주

었다. 케네스 프램톤(Kenneth Frampton)도 건축을 구축의 시학이라고 언급하면서 텍토닉의 논리에서 표피는 재료의 본질과 구축의 논리를 통해 시대의 사회와 문화를 담는 장이라고 하였다. 19세기 이전의 건축물 또한 일체식 내력벽 구조로 되어있어 입면 및 재료의 표현은 구조와 불가분의 관계를 나타내었다. 하지만 이후 건축술의 발달로 건축외피가 구조적 제약으로부터 자유로워짐에 따라 재료의 구축적 특성이 표출되지 않는 경우가 많아졌다.

근대건축에서는 건축 재료의 물성이나 건축 표면에 대한 관심보다는 건축 형상과 볼륨에 대해 집중함으로써 건축 자체의 추상적이고 비물질적인 특징이 강조되었다. 이런 경향은 르 꼬르뷔제의 순수 입방체에 대한 숭배, 백색의 표면, 장식의 배제, 추상적이고 기하학적인 입체, 비물질적 표면 형식 등이 건축적 기준이 되어왔지만, 기능성과 합리성에 근거한 구축방식은 결과적으로 건축 표면의 물성과 인간의 지각과의 연관성을 외면하는 결과를 낳았고, 근대의 획일화된 재료의 사용은 재료자체의 물성을 약화시킴으로써 재료의 물성과 표면의 구축에 관한 관심을 간과하게 만들었다. 그런 와중에도 일부 브루틸리즘 건축가들은 거친 콘크리트, 내후성 강판, 벽돌, 임파스토(impasto)기법¹⁾ 등을 통한 재료의 표면에 관심을 드러냄으로써 재료의 재질을 중시하는 건축을 발전시켰다.

하지만 21세기에 있어 시각체계의 변화는 인간의 시각적 경험에 자극을 가하여 시각적 촉각이라는 새로운 방향의 체험방식에 관심을 유발하게 되었고, 재료의 물성을 재해석하거나 새로운 변형을 시도함으로써 인간의 감성적 자극을 피하게 되었다. 이런 과정에 디지털 프로세스가 적극적으로 개입하게 되었고, 재료의 물성은 디지털 기술이 반영됨으로써 더욱 다양하고 풍부한 표현이 가능해졌다.

2.2 디지털 시대의 재료적 물성

디지털 텍스처라이징 가공방식에 의해 전통적인 건축적 장식이 대체되고 새로운 물성이 구축됨으로써 건축분야에서 재료의 새로운 개념이 제시되고 있다. 즉 디지털 패러다임에 의한 기술과 재료의 발달은 비정형 공간생성 뿐만 아니라 더욱 풍성한 재료의 표현을 가능하게 하였고, 결과적으로 디자이너의 영역 또한 더욱 확장되게 한 것이다. 특히 디지털 건축을 지향하는 건축가들은 장 푸르베(Jean

1) '반죽된'이라는 의미의 이탈리아어에서 나온 말로 회화에서는 유화물감을 두껍게 칠하여 붓자국 등을 그대로 남겨 표면과 질감에 다양한 변화를 주는 기법으로 건축에서도 재료의 자연스런 질감을 거칠게 표현하는 것을 지칭하기도 한다.

Prouvé)가 주장한 '단힌 시스템'²⁾에서와 같이 각각의 작품에 새로운 디지털 기술을 적극적으로 활용함으로써 독자적인 재료의 구축 및 표현방식을 도입하려는 경향을 보이고 있다. 특히 혁신적인 디지털 기술과 재료가공 기술의 발달은 모더니즘 이후 기계화, 추상화되어 사라졌던 장식에 대한 의식변화를 일으켰고, 결과적으로 디자인과 시공단계에서 디지털 기술과 재료의 새로운 해석을 통해 건축 재료의 물성적 표현에 큰 영향을 주게 됨으로써 디지털 물성(digital materiality)이라는 용어가 사용되기 시작했다.

디지털 물성은 구축술과 디자인 프로그래밍의 결합에 의해서 생성된다. 다시 말해 디지털 건축은 재료의 최종 형태를 디자인하는 것이 아니라 재료를 통한 제작 프로세스를 디자인하는 것이라고 할 수 있다. 이런 디지털 물성의 가장 큰 특징은 매우 정교한 디테일로 비일상적으로 많은 수의 정교하게 배열된 요소를 이용하여 다양한 형태적 변형을 구축하는 것이다. 이는 단순히 물질적 관점에서의 재료적 특성에만 근거한다기보다는 연산 프로세스의 정확성과 같은 비물질적 디지털 기술에 의해 더욱 재료적 특성이 부각된다는 의미이다.

디지털 기술을 적극적으로 활용하는 건축가 그렉 린(Greg Lynn)은 통합적 물성(synthetic Materiality)이라는 건축개념을 만들어 내었는데 이것은 디지털 조각을 통한 현대적 물성 표현방식이라고 할 수 있다. 이런 통합적 물성은 기술과 재료의 유기적 혼합에 의한 물성이라고 할 수 있다. 이렇듯 디지털 패러다임은 기술적 산물을 넘어 이제는 재료의 물성구축을 다루는 수단으로 자리잡고 있다.

3. 디지털 건축에서의 재료

3.1 디자인 프로세스에 의한 재료

디지털 디자인 프로세스를 이용함으로써 다양한 재료와 수많은 부재의 조합을 통한 차별화된 디자인이 다양하게 시도됨으로써 건축은 더욱 풍부해지고 있다. 즉 디지털 시대의 다양한 건축언어는 정적인 최종 형태보다는 동적인 프로세스의 디자인에 의해 독자성을 확보하고 있다. 건축적 변수, 조건, 관계성,

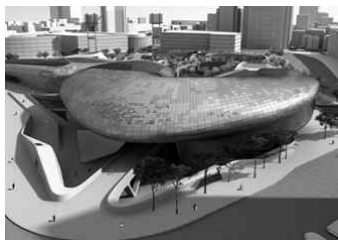
2) 장 푸르베(Jean Prouvé)는 기성 제작되어 구입이 가능한 재료와 부재를 디자인의 기준으로 삼는 '열린 시스템' 시공방식보다는 개별 건물의 디자인에 맞춰 재료와 부재를 생산하는 '단힌 시스템'을 따라야 한다고 주장했다.(데이빗 레더베로우/모센 모스타파비, 표면으로 읽는 건축, 동녘, 2009. pp. 196~201.)

자유로운 형태의 정도 등을 고려하여 디자인하는 개념적 과정이라고 정의되는 디지털 프로세스에 의해 다양한 요소들은 기하학적인 형태를 벗어나 유기적인 형태로 통합되고 일체화된다. 특히 형태가 복잡해질수록 설계와 시공의 어려움은 더할 수밖에 없는데, 디지털 공정(digital fabrication)을 이용한 건축 부재의 정밀한 조립을 통해 복잡하고 다양한 구조 및 형태를 만들어낼 수 있게 됨으로써 디자이너의 디자인 능력이 배가되고 있는 것이다. 그런 관점에서 디자인 발상부터 시공까지 일괄적인 코디네이션을 주장하는 프랭크 게리(Frank Gehry)나 FOA, NOX와 같은 건축가 그룹은 작업상 시스템적 통섭(system & integration)을 무엇보다 강조하고 있는 것이다.

3.2 구축기술에 따른 재료

컴퓨터는 건축가들에게 형태적 자유를 실험하는 유용한 도구를 제공해 왔으나 기존의 전통적인 건축 설계와 시공이 분리된 방법으로는 자유로운 형태의 건축물을 구현하는데 한계가 있었다. 제품이나 자동차 등 산업 디자인에서 영향을 받은 3차원 모델링을 통한 디자인과 시공의 통합 과정을 통한 디지털 공정은 건축가에게 비정형적 형태와 섬세한 재료적 표현의 시공 가능성을 열어주었고, 이런 형태적 도전을 가능하게 하는 재료가 시도적으로 사용되고 있다. 즉 예전에는 시공의 한계성으로 인해 사용이 불가능했던 재료들이 이제는 디지털 프로세스에 의해 거의 모두 실현 가능한 재료로 바뀌어가고 있는 것이다.

일례로 동대문 디자인 플라자의 외관계획을 보면 3차원 표피가 작은 요소들로 분할되어 있는 것을 알 수 있는데 이 건물의 설계팀은 CATIA 프로그램을 이용하여 알루미늄 타공판이나 유리 및 태양열 전지판으로 마감될 동대문 디자인 플라자의 작은 외피



[그림 1] Zaha Hadid, 동대문 디자인 플라자, 서울, (2011년 준공 예정)

단위 형태 그대로의 부재 제작이 가능하게 되는데, 동대문 디자인 플라자의 경우 외피

유닛들을 설계하였다. 이러한 분할된 각 조각들의 실제 제작은 CNC(Computer Numerical Controlled) 기계를 이용하게 된다.

CNC를 통해 컴퓨터상에서 디자인

유닛 뿐 아니라 3차

원 곡선의 콘크리트 마감을 위해 일반 건축공사에서 쓰이는 목재 거푸집이 아닌 CNC기기로 분할 제작된 EPS(Expanded Polystyrene Styrofoam) 블록을 사용하여 틀을 만든 후 유리섬유 강화 콘크리트(Glass Fiber Reinforced Concrete)로 최종 형태를 만들고 있다.

3.3 표현수단으로서의 재료

건축공간에서 재료의 표현적 특성을 달리 표현하면 재료가 스킨의 개념으로서 공간에 미치는 영향이라고 할 수 있다. 건축에서 스킨의 정의는 의미적으로는 공간의 내부를 감싸고 보호하는 막이며, 물리적으로는 건축물과 자연의 경계를 짓는 부분이며, 구조적으로는 구조체와 표피로 구분된다. 이런 스킨의 개념들은 전반적으로 건축 외피적 의미에 한정되는 경향을 보이고 있지만, 실내공간의 관점으로 의미를 확장한다면 벽체, 기둥, 천장, 바닥과 더불어 실내구조물 등의 표면을 모두 포함한다.

재료가 표면의 효과를 통해서 표현력을 획득한다고 할 때, 디지털 건축에서 이런 표현력은 앞에서 다룬 재료의 디자인 프로세스에 의해 도출된 독자적 형태 개념과 그것을 구체적으로 실현시키는 구축기술의 결합에 의해 만들어진다. 따라서 디지털 재료의 최종적 표현 특성에 대한 분석은 창의적인 발상과 구축기술의 결합을 기준으로 이루어질 수 있고, 재료의 표현 유형은 평면적, 반입체적, 입체적 유형으로 분석해볼 수 있다.

4. 디지털 건축 재료의 표현 유형별 특성

4.1 평면적 표현

4.1.1 디지털 이미지 조판(engraving)

디지털 기술의 활용범위가 넓어짐으로써 건축가들은 이전에는 상상할 수 없었던 재료의 가공기술을 적극적으로 시도하고 있다. 그런 시도 중의 하나는 다양한 이미지를 디지털화하여 재료의 표피에 새김으로써 재료 고유의 물성보다는 이미지 전달을 위한 매체로의 새로운 가능성을 탐색하는 것이다. 컴퓨터 소프트웨어를 통한 무한한 정보의 자동화와 디지털 공정을 통한 비반복적 패턴의 시공 가능성은 패턴을 통한 건축의 패션화의 길을 열어주었다고 할 수 있다.

일례로 헤르조그와 드 므롱(Herzog & de Meuron)이 디자인한 건물 외피는 대부분의 경우 재료가 지닌 인공적 속성에 대한 명확한 이해를 바탕으로 하여 보는 사람들에게 외피를 구성한 논리적

합리성을 전달하기 이전에 먼저 순간적이고 본능적인 반응을 이끌어내기 위해 표면 효과를 프로젝트의 재료적, 시공적 팔레트의 일부로 인식하곤 한다. 베를린 북부에 있는 에베르스발데 도서관(Eberswalde Technical School Library, 1999)은 이미지를 건물 외피에 직접적으로 표현하는 기술을 탐구했다. 이 작품은 사진작가 토마스 러프(Thomas Ruff)와 협동 작업을 통해 만든 것으로, 러프가 신문에서 수집한



[그림 2] Herzog & de Meuron, Eberswalde Technical School Library (Eberswalde, 1999)

이 작품은 일부 평론가들로부터 미용사가 건물을 화장한 것 같다는 비난을 받기도 했지만, 디지털 기술을 이용하여 건물의 노출 콘크리트를 이미지 스크린화한 경우이다.

이와 유사한 기법이 적용된 작품이지만 더 입체적인 효과를 낸 작품으로는 카루소 세인트 존(Caruso St. John Architects)이 디자인한 노팅햄 현대미술관(Nottingham Contemporary Art Centre, Nottingham, 2009)를 들 수 있다. 6세기경부터 레이즈 산업이 번창했던 노팅햄 지역 직물시장의 역사적 의미를 외관에 표현하기 위해 건축가는 이 도시의



[그림 3] Nottingham Contemporary Art Centre의 외벽 콘크리트 패널의 레이즈 패턴

타임캡슐에서 발견된 빅토리안 스타일의 레이즈 패턴을 스캔한 후, 디지털 프로세스를 통해 스케일과 패턴의 연결 작업을 하여 13미터에 이르는 긴 이미지를 생성했다. 이렇게 생성된 레이즈 패턴을 콘크리트용 거푸집 표면에 디지털 투영하고 화학적 방법을 이용하여 열은 부조로 직물패턴을 새겨 넣은 후 콘크리트를 타설함으로써 PC화된 입면

패널을 만들어 건물 외벽에 부착하였다. 이 과정에서 일반적인 콘크리트 제작방법으로는

불가능한 정밀도가 요구되었다. 따라서 더비 대학(University of Derby)의 디지털 패브리케이션 전문가에게 고정밀도의 거푸집 제작이 의뢰되었다. 다양한 소프트웨어와 디지털 스캐닝 작업, 재료 등이 시도되었고, 레이저를 이용하여 확대된 레이즈 패턴을 양각으로 정밀하게 제작하고, 그것을 사용해 다시 음각으로 실리콘판을 만듦으로써 PC콘크리트를 만들기 위한 거푸집이 제작되었다. 이렇게 첨단 레이저 스캐닝과 제작 기술로 만들어진 건물의 입면 패널은 콘크리트로 만들어진 것이라고 믿기 어려운 정도의 정밀한 레이즈 패턴이 새겨짐으로써 콘크리트 재료에 대한 새로운 가능성을 제시했다. 일반적으로 콘크리트가 가지고 있는 단단하고 거친 이미지가 이런 과정을 통해 매우 섬세하고 소프트한 이미지의 물성으로의 변화하게 된 것이다. 이런 고해상도의 이미지와 3D스캐닝 기술에 기초한 고해상도의 거푸집 제작기술(HD Digital formliner system)이 개발됨으로써 합성 콘크리트나 타일 등 다양한 재료를 사용한 정밀한 패턴의 마감재를 개발할 수 있는 계기가 되었다.

4.1.2 디지털 타공

일반적으로 건축에서 표현적 소재로서의 불투명한 판재는 면의 분할을 통해 디자인의 완성도를 높이거나, 큰 면을 생성하면서 형태적 변화를 통해 디자인 의도를 표출하는 대표적인 재료의 하나로 사용되어왔다. 하지만 불투명성 재질에 다양한 디지털 기술을 적용하여 투명성을 부여하는 과정을 통해 디자인의 창작의도를 표현하는 사례를 발견할 수 있는데, 특히 철, 스테인리스 스틸, 알루미늄, 구리 등 다양한 금속재 표면에 수많은 구멍을 뚫는 타공(Perforation)방식이 대표적이다.

아틀리에 히토시 아베(Atelier Hitoshi Abe)가 디자인한 ‘아오마 테이’(Aoba-tei, Sendai, 2004)의 유기적인 형태의 내부를 감싸는 강철판은 수만 개의 구멍을 통해 추상화시킨 센다이 도시의 느티나무 이미

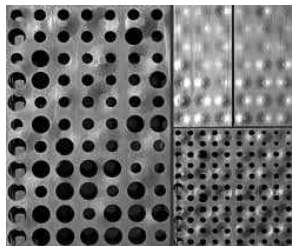


[그림 4] Atelier Hitoshi Abe, Aoba-tei (Sendai, 2004)

지를 디지털 픽셀화시킨 후 패턴화된 4mm, 6mm, 9mm의 구멍들로 표현하고 있다. 철판에 자연 이미지를 그대로 천공해서 만들어진 이 벽화는 빛을 조

절하는 스크린 역할을 함과 동시에 이 빛을 통해 이미지를 명확히 표현해 내고 있는데, 불투명한 철판의 차갑고 폐쇄적인 물성은 첨단 디지털 기술을 거치면서 반투명의 새로운 물성을 창출하고 있다.

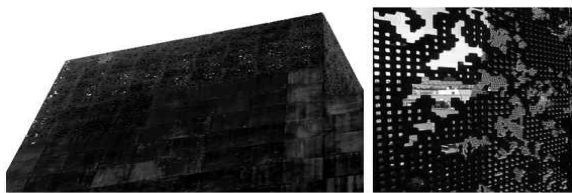
타공 패널이 사용되는 경우 건축 내부에서는 작은 구멍을 통한 빛의 산란과 반투명의 표피효과를 볼 수 있다. 헤르조그와 드 브룅이 설계한 드 영 미술관(De Young Museum, San Francisco, 2005) 역시 건물의 전면을 구리 타공판으로 마감했기 때문에 빛



[그림 5] Herzog & de Meuron, de Young Museum (San Francisco, 2005)의 가공 디테일

의 조건에 따라 다양한 모습을 보여주고 있다. 이 미술관의 일률적이지 않은 외벽의 타공 패턴들은 컴퓨터 작업을 통해 식물 이미지를 디지털화한 후 반전하여 밝은 부분이 많이 전환하고, 음영단계를 줄여 픽셀화시킨 결과물을 구리판에 물결,

흙, 타공 등의 텍스처로 추상화시킨 후 패턴의 확장과 반복의 변화를 통해 표면에 패턴과 깊이감을 만들어냄으로써 작가의 새로운 재료적 해석을 표현하고 있다. 카이사 포럼(Caixa Forum, Madrid, 2007)에서는 산화처리된 코르텐(Cor-ten)철판에 역사적 시간성을 표현하고자 폐허 이미지를 패턴화한 정방형 도트(dot)를 디지털 타공함으로써 공간의 깊이감을 구현하였다. 두꺼운 강판은 디지털 텍스처라이징 기술을 통한 다양한 타공과 부식의 결합을 통해 빛을 산란시키며 감성을 자극함으로써 금속 재료의 물성을 모호하게 하고 있다.

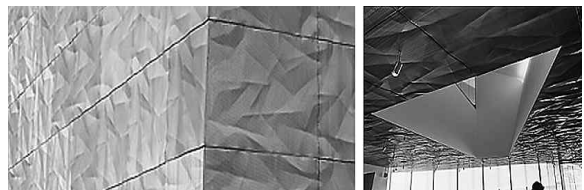


[그림 6] Herzog & de Meuron, Caixa Forum (Madrid, 2008)

4.2 반입체적 표현

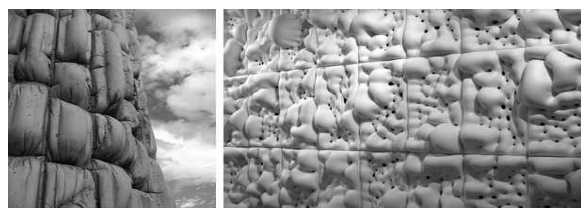
디지털 기술을 활용한 그래픽 이미지의 각인과 천공을 이용한 평면적 접근은 발전적 기술력이 뒷받침되면서 점차 입체화되는 경향을 띠게 된다. 그런 과정의 첫 단계는 여전히 평면에 기초하지만 입체적 특성을 부분적으로 도입한 릴리프(relief)와 같은 반입체적 접근이라고 할 수 있다.

헤르조그와 드 브룅이 설계한 워커 아트센터(Walker Art Center, Minneapolis, 2005)는 불규칙적으로 구겨진 알루미늄 패널로 마감되었다. 각각의 메탈판은 동일한 구성이 아니라 매스 전체가 하나의 구겨진 형태의 외피로 계획되었고, 시공을 위해 그리드화시켜 분할된 패널로 제작되었다. 각각의 메탈 패널은 동일한 표면의 구성이 아니고 컴퓨터를 통해 제작된 다양한 형태를 가지고 있고 정밀하게 조합시킴으로써 전체적으로 하나의 연속된 표면을 구성하고 있다. 또한 이 알루미늄 패널은 구겨진 종이와 같은 시각적 효과를 주고 있어 우리에게 익숙한 금속성 재질의 물성을 모호하게 한다.



[그림 7] Herzog & de Meuron, Walker Art Center (Minneapolis, 2005)

오하이오 주립대학에서 실험적으로 제작된 'P-wall'(Andrew Kudless/ Matsys, 2006)은 스페인 건축가 미구엘 피삭(Miguel Fisac)이 1960~70년대에 선도적으로 직물³⁾ 거푸집(fabric formwork)을 사용한 콘크리트를 시도했던 작품으로부터 영감을 얻어 시작된 것으로 더 다양한 패턴을 생성하려는 노력이 덧붙여졌다. 디지털 프로그램을 이용하여 특정 이미지의 음영 패턴에 따라 다수의 점을 배치하고, 그 점을 신축성이 있는 천을 고정하는 점으로 치환한 후 회반죽을 채움으로써 중력에 의한 회반죽의 무게로 인해 마치 평면적인 패턴이 부풀어 오른 듯한 볼륨감 있는 유기적 형태를 만든 실험적 작품이다. 이



[그림 8] Miguel Fisac의 직물 거푸집 콘크리트(좌)와 P-wall(우)

프로젝트는 두 가지의 재료가 어떻게 자기조직화(self-organization)될 수 있는지를 실험해본 것으로 신선한 시각적 효과와 더불어 음향효과까지 기대하고 개발되었다고 한다.

컨투어링(Contouring)은 전통적인 수작업의 조각

3) polyethylene 소재를 주로 사용했음

과정을 디지털 프로세스를 통해 재현하는 것이라 할 수 있는데, CNC선반이나 5축형 밀링 등을 이용하여 디지털 모델로부터 얻어진 데이터에 따라 직접적으로 정교하게 재료를 가공하게 된다. 수작업에 비해 디지털 프로세스를 이용하면 경제적으로 제작이 가능하기 때문에 디자이너는 극단적 형태를 시도하려는 경향을 보이기도 한다. 비록 이 작업이 조각과정과 같이 재료소비적이기는 하지만 가장 정교한 재료적 표현력을 나타낸다.

'Design 306'(Erwin Hauer, 2005) 패넬은 수직으로 물결치는 모양의 유기적인 형태가 얇은 부조로 석회석 판에 조각되었는데, 3축형 CNC밀링을 이용하여 제작되었고 다양한 형태의 제작도 가능하다. 표면의 디테일은 밀링 머신의 턱이 지나간 얇은 골의 정교하고 일정한 패턴이 살아있어 오히려 질감을 더욱 풍부하게 만들어주고 있다. 사구(sand dune)와 같이 부드럽고 감각적인 수공예적인 형태는 디지털 기술과 결합되어 더욱 정교한 형태와 재료적 질감이 표출되고 있다.



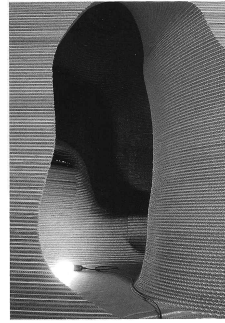
[그림 9> Erwin Hauer, Design 306, (Centria, New York, 2005)

4.3 입체화된 텍스처라이징

4.3.1 적층을 통한 텍스처라이징

대부분의 건축 재료는 판상구조를 하고 있는데 두꺼운 판상 재료를 적층 가공함으로써 입체적인 부조를 만들 수 있다. 수평적 적층구조는 일반적으로 외표면적 형태의 변화에 따라 단면의 적층수가 변형되며, 재료 단면의 시각적 연속성에 의해 구조적 형태와 재료의 구축적 관계가 명료하게 보인다. 예를 들어 복합적인 자유형태의 공간을 구성하는 연속적인 이중 곡면을 생성하기 위해서는 일정한 건축 재료의 두께를 기준으로 단면자르기(sectioning)⁴⁾ 프로세스를 거쳐 정밀한 컴퓨터 절단기로 재단하여 적층함으로써 일체적 구조를 형성하게 된다. 이런 경우 단면의 적층구조가 극명하게 보이고 그런 단면구조가 디지털 프로세스의 기술력을 보여줌으로써 새로운 재료적 표현력을 갖게 되는 것이다. 헬싱키 미술

4) 컴퓨터 모델링에 있어서 단면(section)이라는 것은 단순히 2차원적인 도면의 의미를 넘어서서 3차원 물체를 절단하는 일련의 프로세스를 의미한다.



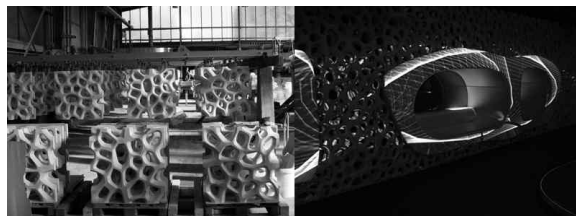
[그림 9> Martti Kalliala, Mafoombey (2005)

대학의 공모전에서 수상한 작품 'Mafoombey'는 디지털 프로세스를 이용한 적층식 구조적 특징을 명료하게 보여주고 있다.

4.3.2 유닛의 조합을 통한 텍스처라이징

디지털 물성이 형태적 생성에서 표피의 최적화, 분절을 통한 규격화, 유닛 설정, 패브리케이션에 이르기까지의 모든 과정을 포함하고 있지만, 그 중에서 특히 특정 유닛을 모듈화하여 연속적으로 반복 가능한 패턴 유닛을 생성하여 정밀한 구축을 통해 점진적 형태 변형을 구현하는 과정이 큰 비중을 차지한다. 이전의 건축에서는 정형적이고 규칙적인 형태를 유닛화한 경우가 많았다면 디지털 건축에서는 디지털 기술을 활용하여 복합적이고 유기적인 자유 형태를 주로 다루고 있다. 이렇게 생성된 디지털 물성은 재료 자체에 대한 관심이 형태로 전이됨으로써 형태가 재료의 고유 물성을 대신하게 되는 경향을 보인다. 즉 디지털 기술 적용되기 전에는 실현이 불가능했던 구조가 만들어질 때 기술적 물성이 생성되고, 이런 기술적 물성은 입체화된 구조일 때 극대화된다.

이런 건축적 패턴은 일반적으로 변의 길이가 동일한 형태의 모듈의 접합을 통해 확장 가능한 구조를 통해 실현된다. 기본적으로 삼각형, 사각형, 육각형 등의 형태가 주로 사용되며, 더블 레이어링(double layering)구조의 기술적 난이도를 디지털 기술을 통해 극복하면서 공간감을 형성하기도 한다. 3딜럭스(3deluxe)가 디자인한 '코콘 클럽'(Cocoon club, Frankfurt, 2004)은 생물학적인 모델에서 영감을 받아 세포조직의 성장하는 듯한 유기적 형태를

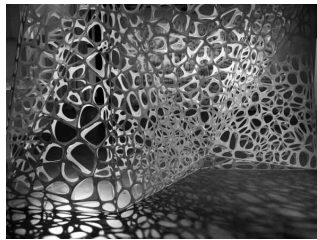


[그림 11] Cocoon Club(3deluxe, Frankfurt, 2004)의 유닛 제작과정과 완성된 내부 벽체

재현한 것으로 유닛은 캐스팅에 의해 성형되었다. 이 유닛은 정사각형의 4방향을 통해 연결된다. 내부 형태는 다양하지만 모서리 형태의 수직, 수평 위치가 일치하도록 계획되었고 90도 회전시에도 맞아떨

어지도록 만들어졌다.

오하이오 대학의 앤드류 커드리스(Andrew Kudless)팀이 실험적으로 제작한 'C_wall'의 경우 역시 허니컴 형태와 보로노이 기하학을 응용한 세포조



[그림 12] C_wall, Andrew Kudless/ Matsys (2006)

직 구조에 대한 연구를 통해 흥미로운 구조와 시각적 연출을 만들어내고 있다. 실제로 보로노이 연산법은 위성항법과 동물서식지도, 도시계획 등에 폭넓게 활용되는 있는데, 이 작품에서

는 파티클 시뮬레이션과 입점에 기초한 자료(point-based data)를 해석하고 물질화하는 과정에 활용되었다. 이런 과정을 통해 점(point)은 입체적인 세포 형태로 변환되었으며, 이 형태는 전개되어 CNC를 이용해 재단된 후 커다란 집합체로 재조립되어 완성되었다. 결과적으로 이 작품은 모두 다른 형태의 셀이 하나의 구조로 통합됨으로써 다양하고 복잡한 구성을 보여주면서 동시에 단일 매스로서의 치밀한 조직력을 표출하고 있다.

5. 결론

디지털 디자인 프로세스는 작가의 자유로운 발상과 표현을 더욱 풍성하게 해주었고, 디지털 패브리케이션 기술은 난해한 디지털 디자인의 실제적 표현을 가능하게 해주었다. 즉 전통적인 방법으로는 거의 불가능했거나 비경제적인 것으로 여겨졌던 복잡한 형태와 패턴의 재료마감이 디지털 기술의 발달로 인해 실현가능해진 것이다. 결과적으로 디지털 기술은 디자이너에게 재료에 대한 도전적 기회를 제공하였고, 기술력을 보여주려는 디자이너의 적극적 의도에 따라 점차 더 고기술력을 요구하는 재료적 표현을 시도하려는 경향까지 보이고 있다.

디지털 건축에서 재료의 가공을 통한 표현은 근대건축 이전의 장식과는 다른 새로운 개념의 장식성을 탐구하게 되었고, 현대건축에서 통용되던 재료의 물성을 새롭게 해석하게 되는 계기를 제공하게 되었다. 다시 말해서 디지털 기술에 의해 재료의 물성이 새롭게 재해석됨으로써 새로운 재료의 가능성을 발견할 수 있고, 이를 통해 창의적인 재료의 표현력을 부여받게 된다. 즉 디지털 건축의 의사소통을 위한 표현도구로 재료가 적극적으로 이용되는 것이다. 이런 상황을 배경으로 디지털 기술이 적극적으로 적용

된 건축 재료의 표현 특성을 연구한 결과는 다음과 같이 정리된다.

첫째, 디지털 가공기술이 적극적으로 적용되면서 재료의 물성적 표현은 표면을 통해 비물질화되며, 미시적 패턴을 보여주는 표면의 질감은 감각적 경험을 유도하는 경향을 보인다.

둘째, 평면적 표현의 한계는 점차 반입체화 또는 입체화된 구성으로 발전하는데, 이 과정 역시 재료의 전통적 물성을 모호하게 하고 구축기술적 표현을 적극적으로 발현시킴으로써 참신성을 극대화시키고 있다.

셋째, 평면적인 표현은 디지털 이미지를 각인시키는 방법과 디지털 타공 방법 등을 사용하여 재료의 표면을 이미지화시키거나 비물질화시킴으로써 재료의 전통적 해석을 새롭게 하고 있다.

넷째, 반입체적 표현은 여전히 전체적으로 평면적 형태를 유지하고 있으나 디지털 기술을 이용하여 릴리프와 같은 반입체적 구성을 정교하게 구축함으로써 재료의 인습적 통념을 깨뜨리고 있다.

다섯째, 입체적 표현은 적층과 유닛의 조합을 이용한 텍스처라이징이 주축을 이루는데, 구축의 정교함과 구성의 다양성은 디지털 기술력에 비례하며, 전통적인 방법으로는 구현하기 힘든 유기적인 자유형태가 도전적으로 시도되고 있다.

건축에서 구조와 재료는 현시적인 것이라고 한다. 현 시대에 적합한 재료와 공법은 과거에는 없었던 새로운 것이어야 하고, 새로운 재료적 해석에 의한 고유한 형태들이 만들어져야 하는데 그런 과정에 본 연구가 기초적 역할을 할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 김기수. (2009). 건축과 패션, 실내디자인의 스킨디자인 표현특성에 관한 연구. 한국실내디자인학회 논문집, 제 18권 4호(통권 75호).
- 김은정, 홍관선. (2008). 현대 공간디자인에 있어서 유리외피의 표현특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집 제 17권 3호(통권 68호).
- 데이빗 레더베로우, 모셴 모스타파비. (2009). '표면으로 읽는 건축', 동녘. 208-259.
- 류호창. (2009). 디지털 디자인 프로세스에 의한 자유형태적 구조의 구축 유형에 따른 특성 분석, 한국디자인포럼 (vol. 25), 231.
- 박정주. (2008). 공간디자인에서 디지털 표피 재조직화, 물리적 구현 방법 연구, 한국실내디자인학회 논문집, 17권 2호(통권 67호). 150.
- 박정주. (2010). 디지털 물성을 이용한 모듈화 표피 생성방법 연구, 한국실내디자인학회논문집 19권 1호(통권78호). 137-8.
- 장재원, 김남웅. (2007). 현대 건축 외피의 디지털 미디어화 성향에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 23권 4호(통권222호).
- 전유창, 김성욱. (2008). 현대건축의 표면에 나타난 시각적 촉각의 표현기법에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집 17권 3호(통권 68호). 141-143.
- 최순용, 김진균. (2009). 디지털텍스처라이징 기술을 통한 물성구축 연구, 대한건축학회논문집 계획계 25권 5호(통권247호). 97-101.
- 최윤미, 김종진. (2008). 확장적 패턴화 과정을 바탕으로 한 스킨 이미지 구축에 관한 연구, 실내디자인학회지 17권 2호(통권 67호). 31.
- 권경은. '철과 유리의 도시를 넘어', <http://www.designdb.com/dtrend/trendContentsView.asp>
- 권경은. '새로운 형태를 향하여', <http://www.designdb.com/dtrend/trendContentsView.asp>
- Greg Lynn. (1999). *Animate form*, Princeton Architectural Press, New York.
- Gramazio & Kohler. (2008). *Digital Materiality in Architecture*, Lars Müller Publishers, Baden, Switzerland.
- Lorraine Farrelly.(2009). *Construction + Materiality*, Ava Academia, Switzerland.
- http://www.emkn.org.uk/case_study/search/trent_concrete
- http://matsysdesign.com/category/projects/p_wall_2006