



## 사례 03

# Computing Nature



김지호 (Y Design Office), 이진모 (한국예술종합학교)

- 
- 목 차 »
1. 서론
  2. 컴퓨팅으로 본 현수선
  3. 결론
- 

## 1. 서론

컴퓨팅이란 컴퓨트(Compute)의 파생 단어로 Com(모으다.)와 Pute(생각하다.)의 합성어로 ‘모아서 생각하다’가 된다. ‘모으다.’라는 것은 한 개 이상의 것을 말하고, 다수의 것을 생각할 경우 분류, 비교 대조 등의 사고, 즉 논리를 바탕으로 사고한다는 것을 나타낸다. 컴퓨트는 일반적으로 ‘계산하다’라는 뜻이다. 그렇다면 ‘계산하다’는 무엇을 말하는 것일까. 사전에는 ‘1)수를 헤아리다. 2)어떤 일을 예상하거나 고려한다. 3)값을 치르다.’라고 나와 있다. 즉, 컴퓨팅이라는 것은 **다수의 요소가 어떻게 작용하여 무슨 일이 일어날지를 논리적으로 예상하거나 고려하는 행위나 사고 자체**를 이른다.

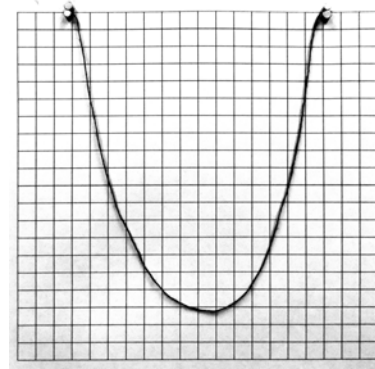
우리가 생각하는 컴퓨팅은 거의 컴퓨터(Computer)가 동반된다. 컴퓨터는 위와 같은 일을 해주는 도구이자 기계(Machine)이다. 0과1을 요소로 이루어져 있고, 주어진 논리대로 “계산”을 하는 기계이므로, 우리는 ‘컴퓨터링(Computering)’만이 컴

퓨팅이라고 생각을 하기가 쉽다. 하지만 컴퓨터가 존재하기 전에도 컴퓨팅은 존재했다. 컴퓨팅은 컴퓨터라는 도구를 넘어서는 더 큰 범위에서의 한 개념인 것이다. 예를 들면 지금 컴퓨터나 계산기가 하는 계산은 주판으로도 할 수 있는 컴퓨팅이고, 손으로 기하학을 그리면서 원리를 만든 그리스의 수학도 컴퓨팅이며, 아치의 원리를 깨닫고 힘을 효율적으로 이용한 로마인의 시공도 컴퓨팅이다. 이렇듯 인류는 긴 역사 속에서 컴퓨팅을 해왔다.

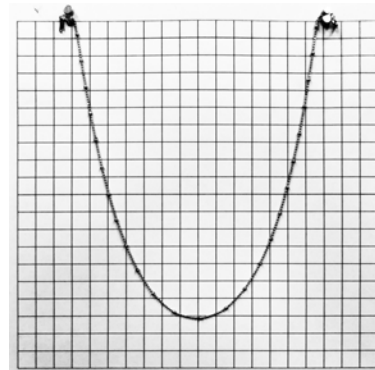
인류를 넘어서 자연 역시 논리적 구조를 바탕으로 한 컴퓨팅을 해왔다. 자연은 오랜 시간 효율성과 적응력을 극대화 시켜 생존력을 높이는 방향으로 진화해 왔고, 이런 진화과정에서 효율적이지 못한 종들은 버티지 못하고 멸종하기에 그 속에 숨겨진 시스템들은 철저히 논리적이 수밖에 없다.

여기에서 눈여겨보아야 할 점은 자연의 컴퓨팅은 그 모습이 매우 아름답다는 것이다. 과연 그 아름다움은 어디서 오는 것일까? 아마도 얼핏 보면

임의적인 형상을 하고 있지만 그 이면에는 상황과 목적에 적합한 요소들로 ‘컴퓨팅’되어 형성되는 아름다움에서 올 것이다. 그렇다면 디자이너, 작가 등의 창조적 역할을 하는 사람들도 컴퓨터를 동반한 컴퓨팅을 넘어서는 자연의 컴퓨팅처럼 포괄적인 개념을 근거로 미적인 작업을 할 수 있을 것이다. 본 기고는 자연의 다양한 원리 중에서도 중력과 재료의 균형에 의해 형성되는 현수선의 원리를 자연의 컴퓨팅의 예로 살펴보고 그 원리의 응용에 집중하여 컴퓨팅 과정이 어떻게 디자인 작업에 이용되는지 알아보고, 그 속에서 자연의 실체를 나타내는 재료에 대하여 생각해본다.



(그림 1) 실로 만든 현수선



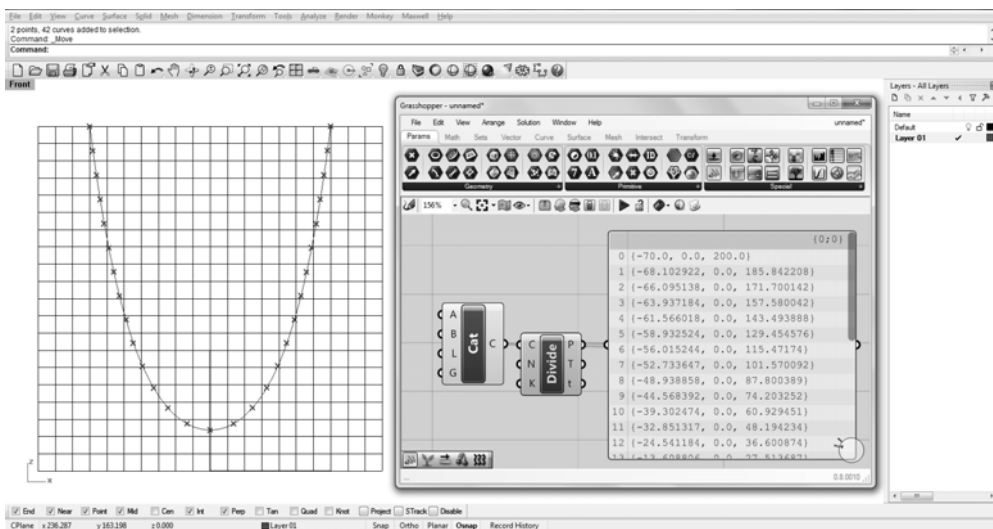
(그림 2) 은 사물로 만든 현수선

## 2. 컴퓨팅으로 본 현수선 디자인

### 2.1 현수선의 원리와 컴퓨팅

‘현수선’이란 양끝이 고정되고 중력장에 의해 밀도가 일정한 줄이 아래로 늘어질 때의 모습을 이르는 말이다. 이 말을 수식으로 나타내면

$$y = a \cos \frac{x}{a} \quad (a = \frac{T}{\lambda} \text{ T는 장력이고, } \lambda \text{는 단위길이})$$



(그림 3) 컴퓨터를 이용한 현수선 계산

당 질량)이 된다. 간단하게 실을 늘어뜨린 모양의 현수선은 부재가 갖는 무게에 중력 에너지가 최소화되는 구조적인 특징을 갖는다. 같은 원리로 아치는 현수선을 뒤집고 분절한 형태로 중력을 최적화 시킨 구조시스템이다.

이런 현수선은 쉽게 실과 손으로 만들어 볼 수 있으며, 컴퓨터에서 또한 계산할 수 있다. 다음은 실제 재료를 다르게 실험해 본 간단한 현수선 컴퓨터팅이다.

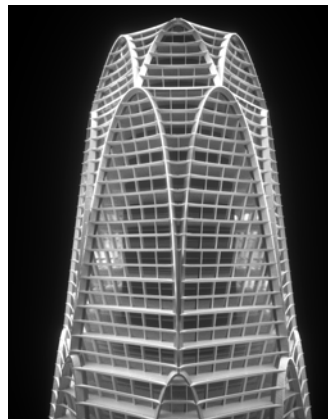
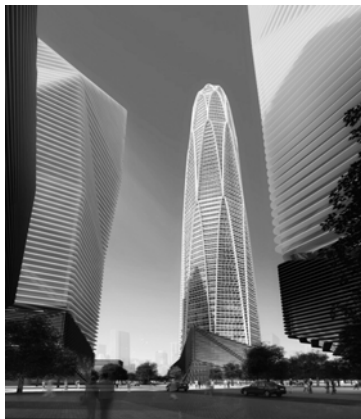
실의 길이를 일정하게 두었을 경우, 실을 지지하는 두 점 사이 거리와 실의 무게가 중력과의 관계를 갖고 곡선의 형태를 결정한다. 이를 라이노 3D(Rhinoceros3D)와 그래스하퍼(Grasshopper)를 이용해 간단하고 정확한 현수선을 만들어 낼 수 있다.

## 2.2 현수 타워

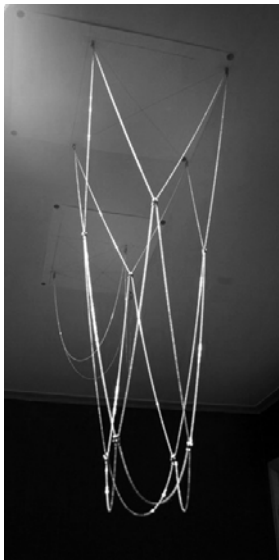
현수선의 구조적 특성은 다리를 짓는데 많이 응용되고 있으며 실제 케이블을 느슨하게 늘어뜨려 만드는 형태의 다리를 현수교라 일컬으며 이는 가장 오래된 다리 시공법 중 하나이다. 세계에

서 가장 큰 주목을 받고 있는 건축물 중 하나인 ‘사그라다 파밀리아 성당(Sagrada Familia)’도 안토니 가우디(Antoni Gaudi)가 현수선의 원리를 이용해 디자인한 것으로 널리 알려져 있다. **Catenary Tower** 프로젝트는 현수선을 이용한 280m의 마천루(skyscraper)이며 현수선의 구조적 특성을 건축 스케일로 끌어보려는 작업의 연장이다.

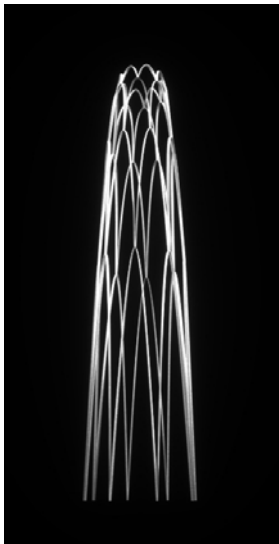
고층 건물은 그 특성상 좁은 면적의 땅에서 높은 높이를 확보해야 하는데, 현수선은 좁고 길어 질수록 구조적 강도가 급격히 약해진다. 이러한 점을 보완하기 위해 이 타워는 한 개가 아닌 여러 선들을 서로 연결시키고 쌓아올려 높이를 얻는 방식을 취하게 된다. 그리고 건물로서 필요한 공간을 얻기 위해 그 선들의 집합이 부피를 가질 수 있도록 선들을 연속적으로 둘러 잇는다. 실들은 모두 연결되어 있기 때문에 서로에게 지속적인 영향을 끼치면서 중력과의 균형을 이루어 정지된 형태가 하나의 최적화된 구조가 된다. 흥미로운 점은 (그림 4)와 (그림 5), (그림 6)에서 나타나듯이 위로 갈수록 작아져야 안정적이라는 구조적 법칙을 따로 지정하지 않았음에도 그 규칙을 엄격히 따르고 있다는 사실이다.



(그림 4) Catenary Tower



(그림 5) 중력과 실의 연결이 계산한 형태



(그림 6) 컴퓨터에서 현수선을 집합화 하여 만든 형태

### 2.3 현수곡면

‘Catenary Tower’는 선들의 연결과 배열을 통해 2차원적인 현수선을 공간적으로 확장시키려 했다면 ‘현수곡면(Catenary Curved Surfaces)’ 프

로젝트는 현수선의 생성원리를 확장시켜 3차원적인 곡면을 만들어 보려는 실험이다. 이 작업은 (그림 7)과 같이 천의 일정부분을 틀에 고정한 후에 유체를 넣어 중력과 재료의 균형 상태를 경화시키는 과정을 거친다. 현수곡면은 현수선과 마찬가지로 면의 어디를 얼마만큼 거는지가 최종 형태를 결정짓는 가장 큰 요소가 된다. 실로 한 점을 뚫어 거는 경우 끝이 뾰족하게 되고, 실로 일(-)자가 되게 꿰매면 넓은 면이 생긴다. 이 요소 내에서의 조합만으로도 매우 다양한 형태가 생성되어진다.

어떠한 재료를 쓰는지 역시 매우 다른 결과물들을 가져다준다. 이 작업에서 재료는 재질(Texture) 뿐만 아니라 밀도와도 관계있는 중요한 요소이다. 곡면의 근간이 되는 현수선의 함수를 보면 단위길이 당 질량이라는 재료의 특성이 현수선의 그래프를 결정하는 것을 알 수 있다. 이 작업 역시 기본적인 현수 형태를 만드는 재료에 따라 그 형태가 달라졌다. 함수의 논리대로 한 개의 물질 값만 넣고 모의 실험하는 컴퓨터와는 다르게 실제 재료를 통한 컴퓨팅에서는 천과 유체라는 두 가지 재료를 가지고 작업을 한다. 이 작업에서는 천을 일정하게 통일하였지만, 천의 장력은 유체의 밀도와 상호관계를 맺으면서 균형 형태에 영



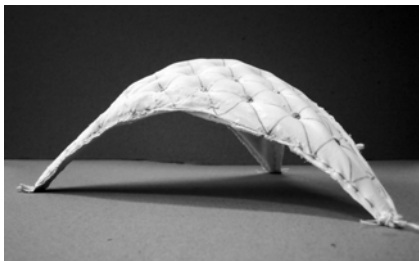
(그림 7) 현수곡면 만드는 과정

향을 미친다. 천을 채우는 유체를 석고와 콘크리트라는 재료로 다르게 실험해 본다. (그림 8)과 (그림 9)에서 보이듯 콘크리트가 석고보다 변곡점이 깊어진다는 것을 형태상 확인 할 수 있다.

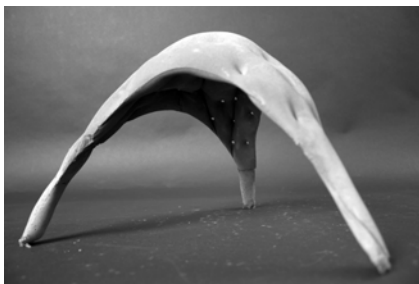
(그림 10)처럼 같은 논리의 현수곡선 컴퓨팅 과정을 컴퓨터로도 구현해볼 수 있다. 컴퓨터는 빠르고 정확한 시뮬레이션을 하고, 이 후에도 손쉽게 변형할 수 있다는 장점이 있다. 그 효율성과 유연성만큼은 실제 재료를 사용한 컴퓨팅방식으

로는 아마도 성취하기 어려울 것이다. 반면에 컴퓨터만으로는 자연의 불규칙한 특성을 확연히 드러나게 하기에는 힘들 수도 있다. 실제 자연은 컴퓨터가 계산하기에는 너무 많은 변수의 결합을 통해 예측불허한 면들을 일궈낸다. 기본적인 구성 논리나 알고리즘을 바탕으로 작은 변수들이 무한적으로 모여 완성되는 자연의 본질을 표현해보고자 한다면 어떠한 도구를 손에 쥐고 컴퓨팅을 해야 할까? 이 작업에서 작은 개념의 컴퓨팅은 3D툴로 값을 지정하여 곡면의 형태를 계산하는 과정에 지나지 않지만, 큰 개념의 컴퓨팅은 곡면의 형태를 만드는 기본적인 논리를 바탕으로 재료를 선택하고 재료의 더 세밀한 변수(재질, 밀도, 굵기 등)를 조절하는 과정 및 그 과정을 둘러싼 주변 환경의 변화까지 모두 포함한다.

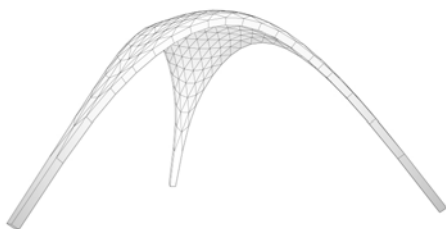
이 부분에서 우리는 컴퓨터가 담아 내지 못하는 실체를 구현하도록 해주는 재료에 집중해 본다. 재료는 컴퓨팅을 구체화하는 매개역할 뿐만



(그림 8) 석고의 현수곡면



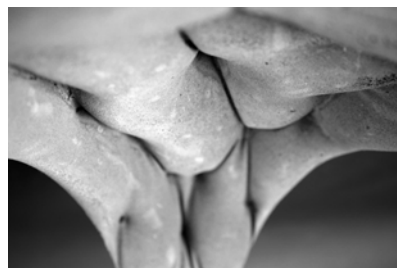
(그림 9) 콘크리트의 현수곡면



(그림 10) 컴퓨터를 이용한 현수곡면 모델링



(그림 11) 현수곡면의 석고 재질



(그림 12) 현수곡면의 콘크리트 재질

아니라 논리나 알고리즘에 무수한 영향을 끼치는 요인이기도하다. 재료가 실제 형성되며 생기는 그 재질은 우리 눈으로는 볼 수 없는 깊이의 기록까지 모두 가지고 있는듯하다. 콘크리트가 28일간 서서히 굳으면서 생성되어지는 곡면은 전체적으로는 대칭적 느낌의 균형을 갖지만 자세히 보게 되면 그 표면은 매우 불규칙적일 수밖에 없다. 그 이유는 자연의 대부분이 수많은 작은 요소들의 집합으로 존재하는 것처럼, 재료도 형성 과정에 있어서 바뀌는 습도나 온도, 지표면 등 수많은 작은 시간들을 그 표면에 지속적으로 축적시키기 때문이다. 사람이 쉽게 감지할 수 없는 재질의 깊이와 섬세함 속에서 알고리즘만으로 설명하기 어려운 감성적 경험이 생기는 것이 아닐까 한다.

### 3. 결론

본 기고에서 자연의 형태적 원리 중 하나인 현수선을 근거로 어떻게 디자인적으로, 혹은 미적으로 확장되는지 알아보았고, 논리나 알고리즘을 미적 형태로 전개함에 있어 재료가 갖는 의미와 가능성을 살펴보았다.

완벽한 논리를 기반으로 한 것들은 의외로 많다. 컴퓨터의 알고리즘을 통해 나오는 것들은 어떻게 보면 모두 논리적일 수밖에 없다. 하지만 이런 논리만을 기반으로 한 작품은 자연이 보여주는 그 본질적 아름다움을 가지고 있기 어렵다. 자연의 컴퓨팅이란 생존의 법칙에 의거한 논리적 틀 속에서 수많은 작은 요소들의 영향을 받으며 생성되어가는 과정인 듯하다. 자연과 유사한 프로세스를 통해 디자인이 생성되어진다면 그 결과물은 조금이나마 자연의 본질적 아름다움에 가까워질 수 있지 않을까 생각해본다. 이러한 관점에서 볼 때 한 가지 눈여겨 봐야할 점은 디자이너,

작가의 역할이 서서히 바뀌고 있다는 것이다. 완벽히 예측되는 마지막 결과물을 디자인하는 것은 더 이상 우리에게 큰 의미가 없다. 디자인을 생성해낼 수 있는 논리의 틀 자체를 디자인하는 것이 중요해지며, 그 틀이 컴퓨팅을 하는 과정에 있어서 우리 주변 환경속의 많은 복잡한 요소들을 읽어내 조금씩 다른 결과물을 생성해낼 수 있도록 가능케 해주는 것이 앞으로 우리의 역할이 되지 않을까 생각해본다.

#### Project Credits

Catenary Tower, Y Design Office  
Catenary Curved Surfaces, 한국예술종합학교 건축과 Media Studio 3(이승조, 이진모, 표선정)

#### 김 지 호

홈페이지 : <http://ynotwhy.com>

• University of Virginia 건축을 전공하고 베이징 MAD 건축사무소에서 Project Architect로 일하며 Design Research Group을 시작했다. 현재는 한국예술종합학교 미술원 건축과에서 강의를 하며 Y Design Office를 운영 하고 있다.

#### 이 진 모

이메일 : [leeuack77@naver.com](mailto:leeuack77@naver.com)

• 現 한국예술종합학교 미술원 건축과 재학 중