

비선형외피의 시공성을 고려한 패널 최적화 수행방안

BIM-based Constructability Review and Optimization of Nonlinear Facade:
Parameters and Implementation

정혜나 대표
빔스온탑

Jung, Hyena PRINCIPAL
BIMSONTOP

Digital technologies development has enabled the application of machine learning in architectural design. I have applied the stated technique to optimize and panelize curved surface forms into constructible layouts. Two issues have been addressed here.

The first is to generate panels analogous in size and form within constructible limits.

The second is to minimize the number of double curved surface panels and the panel curvatures. Façade surfaces designed in earlier stages are firstly divided into even grid layouts to panelize them into constructible sizes. The panels are divided into four groups then: planes, flexible planes, single curved surfaces, and double curved surfaces.

The panels with similar shapes are grouped and the ones within a group are modified into the same shape. Another optimization method takes the surface curvature more into account. This is to replace curved panels with planar ones through comparing the maximum bending values.

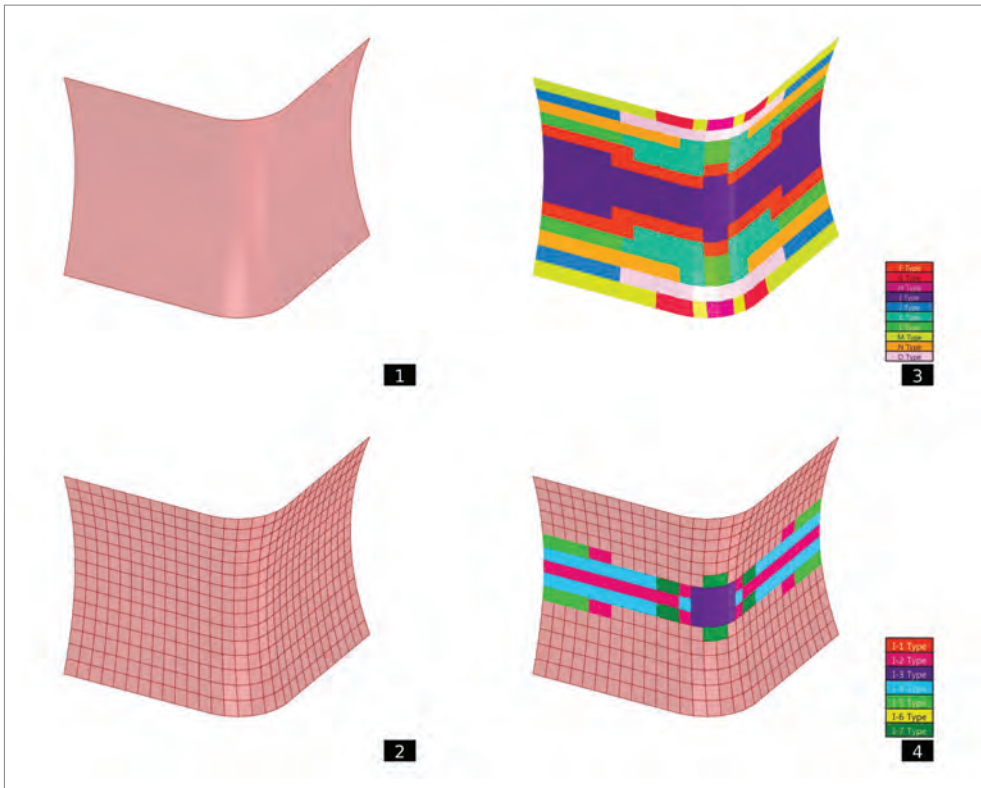
The Fourth Industrial Revolution has brought development in digital solution that can be used in architectural fields. Applying these processes in earlier design phases will result in the cost reduction and the improvement in design.

디지털기술의 발전으로 건축분야에도 기계학습(Machine Learning)을 적용한 설계가 활용되고 있다. 필자는 위 기술로 곡면형태의 디자인을 시공에 적합한 패널(panel)로 최적화하는 데 적용하였으며, 두 가지 주안점을 기준으로 구현하였다.

첫째는 시공 가능한 범위에서 유사한 형태와 크기로 패널을 구성하는 것이다. 패널의 최대사이즈는 재질 및 제작가공법에 따라 다를 수 있지만 자중, 풍하중을 고려한 구조계산을 통해 산출된 규격을 기준으로 한다.

두번째는 2차곡면 패널의 개수를 줄이고 각 패널의 곡률을 최소한으로 정규화 하는 것이다. 패널을 정규화하는 과정에서 기계학습 중 가우시안 혼합모델(Gaussian Mixture Model: Unsupervised Learning: 입력변수를 기반으로 데이터를 그룹화하고 해석하는 알고리즘)을 활용하였고 위 과정은 건축설계자가 쉽게 접할 수 있는 범용 어플리케이션(application) 라이노(Rhino)와 그래스호퍼(Grasshopper)를 사용하였다.

설계초기단계에서 계획한 외피곡면(그림 1-1)을 시공 가능한 패널로 구현하기 위해 우선 동일한 그리드 간격으로 분할(그림 1-2)한다. 여기서 패널의 너비와 폭이 파라메트릭 디자인(Parametric Design) 변수로 설정되었고, 외피곡면을 분할한 뒤 각 패널의 곡면에 따라 4가지로 타입(평면, 탄성평면, 1차곡면, 2차곡면)으로 구분(그림 3-3)한다. 각 패널을 구성하는 임의의 두 점에서 찾은 UV벡터(Vector)편차가 0에 수렴하는 범위로 패널을 나누었는데, 패널에 위치하는 두 점의 U, V벡터가 같으면 평면 / 각 U, V벡터 편차가 0에 가까우면 탄성평면 / 각 U, V 벡터편차가 모두 크면 2차곡면 / 그 외 1차곡면으로 분류하였다. 이제 패널을 유사한 타입별로 정규화 해나갈 수 있는데 여기서 공사비를 고려한 최적

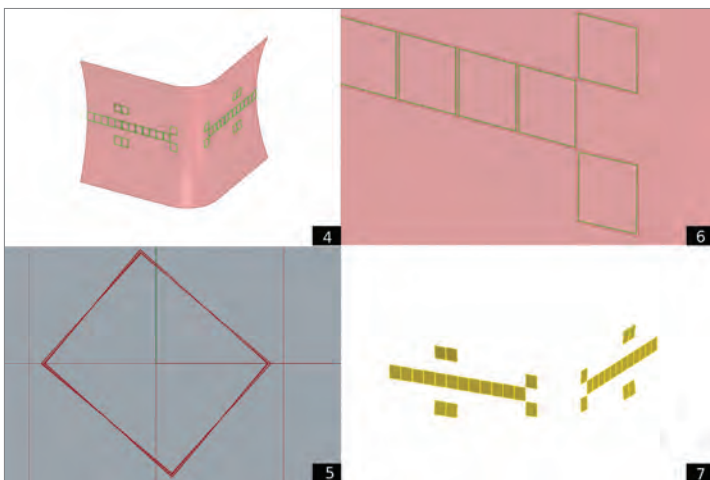


<그림 1> 기계학습을 적용한 패널분류과정

의 패널 구성은 외피곡면을 모두 평면 패널로 분해하는 것이다. 이후 유사한 형태와 사이즈로 구분하며 정규화 해나간다.

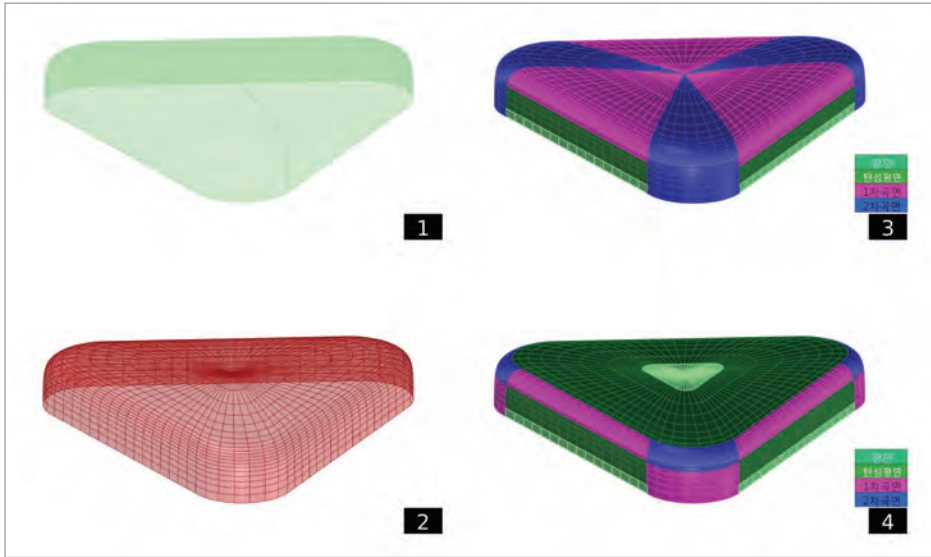
필자는 기계학습을 적용하여 면적을 1차 입력값으로 분류(Grouping) <그림 1-3>하였고, 2차로 사변의 길이와 그 사이각을 입력값으로 다시 재분류<그림 1-4> 하였다. 여기서 사용자입력변수는 분류의 개수(Number)로 설정하였고 분류의 개수가 늘어나면 패널의 타입과 공사비가 증가하지만 유려한 곡면에 가까워진다. 반면 개수가 줄면 타

입과 공사비도 줄지만 곡면의 형상은 각진 구성이 많아지게 된다. 분류(Group)된 패널은 표준화 과정을 거치는데 하나의 분류(Group)에 포함된 각기 다른 패널들의 네 절점의 평균점을 찾아 선으로 연결하면 하나의 타입으로 치환<그림 2-2>된다. 이후 패널을 구성하는 4 점에서 그와 면하는 가장 가까운 패널의 거리를 계산하여 최대, 최소값의 범위를 찾아낸 뒤 그 차이가 가장 적은 범위로 최적화하여 표준화 된 형상의 스케일을 재조정<그림 2-3>한다. 여기서 사용한 최적화 엔진은 갈라파고스(Galapagos)며 거리의 편차 총합이 0이 가까운 최소값을 찾아 수행<그림 4>하였다. 이후 단계는 그룹별 패널형상을 순차적으로 통일<그림2-4>시키고 도면화를 거치면 시공을 위한 패널의 디지털 목업(Digital Mockup)이 완성된다.

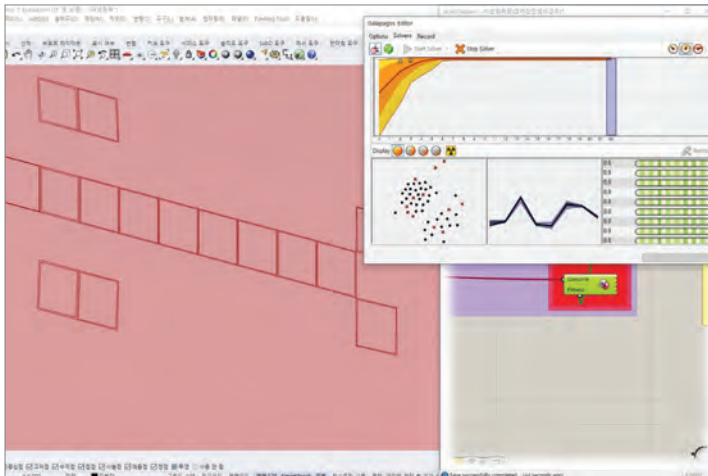


<그림 2> 최적화를 적용한 패널정규화과정

이는 공사비를 고려한 가장 합리적인 수행이며 패널의 모든 면은 평면으로 구성되어 있다. 이제 곡면의 형상을 유지한 패널의 최적화 과정을 구현해보자. 여기서 사용되는 최적화는 김선우(2009)의 논문을 참고하였는데 패널 곡면의 최대 휨값을 비교하여 평면 패널로 치환하는 알고리즘이다. <그림 3-4> 패널 양끝 모서리 길이에서 최대곡면까지의 거리를 기준으로 분류하였고, 곡면을



<그림 3> 패널의 뒀값을 변수로 정규화한 곡면패널



<그림 4> 갈라파고스(Galapagos)를 적용한 패널 최적화과정

평면으로 치환할 수 있는 뒀값의 범위를 참고하였다. 재료의 물리적 특성에 따라 제작 가능한 곡률의 범위가 제한되어 있는데 패널의 곡률이 그 범위를 넘어갈 경우 하위분할 알고리즘을 추가로 적용하여 곡률의 범위를 줄여나갈 수 있다.

지금까지 곡면외피의 패널 최적화 과정을 기술해보았다. 4차산업혁명 시대로 들어서면서 건축분야에 많은 디지털 솔루션(Digital Solution)이 개발되어 왔다. 이에 따라 비정형 곡면을 시공 가능한 형상으로 구축해나가는 데 접근이 쉬워졌고, 이를 잘 활용한다면 건축단계에서부터 시공성을 고려한 형상을 구현해나갈 수 있다. 설계초기단계에서 일련의 과정들을 수행한다면 결과적으로 경제적 손실을 줄이고 디자인의 품질을 높일 수 있을 것이라 생각한다. 🎨



Jung, Hyena
 PRINCIPAL
 BIMSONTOP
 hjjung@bimsontop.com

명지대학교 건축학과를 졸업하였고, 창소프트아이 앤아이와 해안종합건축사사무소에서 실무경력을 쌓아왔다. 대표경력은 국립항공박물관 BIM설계와 빌더허브(BUILDER HUB)개발 등이 있다.

Hyena Jung graduated from Myongji University with a degree in architecture and has worked at Changsoft I & I and Haeahn Architecture. Her career includes participating in developing BUILDER HUB and designing the National Aviation Museum.