

# 비정형 건축물 파사드의 개산견적을 위한 최적화에 관한 연구

## A Study on the Cost Estimates for Optimization in the Free-Form Building Facade

임 장 식\*

옥 종 호\*\*

Lim, Jang-Sik

Ock, Jong-Ho

### Abstract

The most difficult process in the construction of free-form buildings is to manufacture and construct exterior panels designed in a complex way. The façade of the free-form buildings include flat-panels, one-way curvature-panels, and bi-directional curvature panels. To construct these forms, it is necessary to go through the process of optimizing. But as for the optimizing technologies, BIM-specializing companies exclusively protect those technologies, so small construction companies have difficulty in rough estimates. Therefore, this study was aimed to provide the basic data in making the rough estimates of free-form buildings by carrying out the optimizing process for the façade of Dongdaemun Design Plaza and conducting the rough estimates according to the stage of production methods and optimization.

키 워 드 : 비정형 건축, 패널화, 최적화, 개산견적

Keywords : Free-From Building, Panelization, Optimization, Cost Estimation

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

비정형 건축물의 외장부재는 Non-Uniform Rational B-Spline (NURBS) Curve라 불리는 이방향 곡률 패널을 포함한다. 이러한 형태를 가진 외장부재를 시공하기 위해서는 먼저 복잡한 기하학적 형태의 외피를 제작과 시공이 가능한 형태와 크기로 나누어야 하며 나누어진 외피 패널은 비정형 곡면의 곡률이 클수록 공사비가 증가하기 때문에 복잡한 이방향 곡률을 갖는 곡면이 최소가 되도록 재해석하는 최적화과정을 거쳐야 한다. 하지만 비정형 건설공사에 참여한 설계사, 시공사 등이 이러한 최적화 기술과 데이터를 배타적으로 보호하고 있어 경험이 없는 건설사 및 설계사는 현상공모시 개산견적을 하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 연구에서는 동대문디자인 플라자의 외피에 대한 최적화를 실시하고 제작방법 및 최적화 단계에 따른 개산견적을 실시하여 비정형 외장공사 개산견적을 하는데 있어 기초적 데이터를 제공하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법

본 연구에서는 비정형 디지털 도구인 Rhino와 그 플러그인인 Grasshopper를 통하여 동대문디자인 플라자 외피에 대해 패널화하고, 6단계 최적화하였다. 최적화된 외피를 Zebra Analysis를 활용한 연속성 분석과 Curvature Analysis를 통해 외장패널을 분류하였고 동대문디자인 플라자 실제 외장패널 제작비용을 바탕으로 단계별 개산견적을 실시하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 패널화(Panelization) 및 최적화(Optimization)

비정형 건축 외피는 대부분 다양한 자유 곡선으로 이루어져 있으며 이러한 자유 곡선은 변화하는 곡률을 가지고 있기 때문에 제작 및 시공하는데 있어 많은 어려움이 있다. 비정형 형태를 가진 외장부재를 시공하기 위해서는 먼저 복잡한 기하학적 형태의 자유곡률 외피를 제작과 시공이 가능한 형태와 크기로 나누어야 하는데 이를 패널화(Panelization)라 하고, 설계의도와 전체 형상의 변형을 수용할

\* 서울과학기술대학교 주택대학원 주택생산공학과 석사과정

\*\* 서울과학기술대학교 건축공학과 교수, 교신저자 (ockjh@seoultech.ac.kr)

수 있는 범위 내에서 자유곡선의 수를 줄이고 직선이나 호로 제작할 수 있는 부재의 수를 늘리는 것을 최적화(Optimization)라 한다.

### 2.2 외장패널 제작방식

비정형 외장패널의 제작과정은 마름질을 통한 절단, 형상의 구현을 위한 절곡 및 벤딩, 조립의 순서로 진행된다. 패널부재 제작을 위한 절단이나 조립은 평판, 일방향, 이방향의 곡면 형태에 관계없이 동일한 기술이 적용되나 벤딩과 포밍 공정은 제작되는 패널의 품질확보와 작업용이성 때문에 일방향 곡면의 경우는 수작업(작업자가 도면정보에 따라 수동제작)으로 제작할 수 있으나 이방향 곡면은 자동기계제작(기계적인 수치제어에 의한 자동제작)으로 진행하여야 한다.

## 3. 동대문디자인 플라자 사례를 통한 최적화 분석

### 3.1 동대문디자인 플라자 외피 패널화

표 1. 패널화 대상

패널화 부분	패널화 내용
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 패러메트릭 도구인 Grasshopper를 활용하여 패널화를 실시함.</li> <li>- 패널분할 방법에는 삼각, 사각, 다각 등의 분할방법 있고 그중 비정형 건축물에서 가장 많이 사용된 사각 패널 분할방법을 통하여 패널화를 실시함. (DDP-사각분할 방식 적용)</li> <li>- 좌측의 그림과 같이 동대문디자인 플라자의 곡률이 심한부분 552.13㎡에 대한 패널화를 실시함.</li> <li>- 패널화는 자동기계제작의 범위인 1,600mm*1,200mm를 벗어나지 않는 범위 내에서 414개의 패널로 분할됨.</li> <li>- 패널의 모서리 네 포인트는 최적화 과정에서 객관성을 확보하기 위해 변동되지 않도록 스크립트를 작성함.</li> </ul>

### 3.2 최적화에 따른 연속성 분석

패널화된 외피에 대해 삼감함수와 호의길이를 구하는 공식을 활용하여 부채꼴의 높이 값을 0, 1/20, 1/40, 1/60, 1/80, 1의 범위에서 최적화 하였으며 높이 값은 가변성을 갖기 때문에 Grasshopper 스크립트를 작성하여 패러메트릭 기술을 적용해 최적화 하였다. 최적화 단계별 연속성을 분석하기 위하여 Zebra Analysis를 활용하여 다음과 같이 분석하였다.




표 2. Zebra Analysis

구분	Range 0	Range 1/20	Range 1/40	Range 1/60	Range 1/80	Range 1	분석결과
형상							<ul style="list-style-type: none"> <li>- Range 0 ~ 1/20에서는 위치, 곡률, 접선 모두 일치함.</li> <li>- Range 1/40부터 나란히 계속되던 줄무늬가 조금씩 방향을 바뀌었으며 이는 곡률이 조금씩 바뀌어 가는 것을 의미함</li> <li>- Range 1/60 ~ 1에서는 줄무늬가 고르지 않고 연속성이 떨어지는 것으로 나타남.</li> </ul>

### 3.3 곡률분석을 통한 패널분류 및 개산건적

비정형 건축 외장패널을 분류하는데 있어 그 범위는 선행된 연구와 시공된 사례를 바탕으로 평판, 일방향, 이방향 곡면에 대한 범위를 선정하였고 Curvature Analysis를 통하여 분석하고 패널을 분류하였다. 분류된 패널을 바탕으로 동대문디자인 플라자 실제 외장패널 제작비용을 통해 표 3.과 같이 개산건적을 실시하였다.

표 3. Curvature Analysis를 통한 개산건적

구분	0	1/20	1/40	1/60	1/80	1	외장패널 분류범위	DDP 제작비용(원)	
Curvature Analysis							 평판패널 (0mm ~ 50mm)  일 방향패널 (50mm ~ 200mm)  이 방향패널 (200mm 이상)	평 판: 614,753 일 방향: 671,958 이 방향: 1,331,884 MPSF 제작	
	평판	40.16㎡	51.80㎡	104.07㎡	198.42㎡	378.90㎡			551.28㎡
	일방향	38.54㎡	87.45㎡	187.43㎡	196.96㎡	89.50㎡			0㎡
	이방향	473.43㎡	412.58㎡	260.10㎡	156.05㎡	82.92㎡			0㎡
	합계	552.13㎡	551.83㎡	551.60㎡	551.43㎡	551.32㎡			551.28㎡
개산건적(천원)	686,629	640,115	534,640	462,173	403,512	338,899	각 단계별 제작비용 절감률은 연속성 분석시 곡률이 조금씩 바뀌기 시작한 1/40의 범위에서 가장 크게 나타남 전체 평판 구성시 최초보다 50%정도를 절감할 수 있음		

#### 4. 결 론

비정형 외장공사 개선견적의 기초적 데이터를 제공하고자 동대문디자인 플라자의 외피에 대해 단계별 최적화하여 패널분류에 따른 개선견적을 실시한 결과 1/40범위에서 연속성이 유지되면서 제작비용 절감이 가장 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서 단계별 개선견적된 데이터는 비정형 외장공사 견적을 하는데 있어 기초적 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단되고 향후 다양한 Case Study를 실시해 비정형 유형에 따른 데이터를 제공할 수 있도록 하겠다.

#### Acknowledgement

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 (과제명 : 비정형 Facade 품질제고를 위한 실증적 연구, 과제번호 : 2012-001533) 의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.