

# 초고층빌딩의 비정형 곡면형태 조합 및 복합관계에 관한 연구

## A Study on the Convergence Relativity of the Combining Curved Forms of Tall Buildings

박상준

신라대학교 실내건축디자인전공

Sang-Jun Park(jun-2i@hanmail.net)

### 요약

본 연구는 세계 각지에서 초고층건물들이 사회적, 경제적 기반으로 순위를 경쟁하듯이 증가하고 있는 추세에 있어서 다양한 형태변형의 가능성 가운데 패러다임을 정립하는데 있다. 또한 초고층건물은 도시, 국가를 상징하기 때문에 관광자원으로 이용될 뿐만 아니라 개성 있는 랜드마크적 역할의 중요성을 가지고 미래지향적 곡면 형태를 모색하고자 한다. 본 연구의 목적은 복잡·다양한 비정형 건축형태 가운데 특히 곡선 형태에 대한 세분화를 통해 형태조합 및 복합관계를 유추하는데 목적이 있다. 따라서 곡면형을 정형화곡면, 단방향곡면, 이중합곡면 등으로 구분하여 조형적 형태를 인지하는 방식보다는 실질적인 설계가 이루어지는 시공성을 근거하기 위해 세계초고층협회(CTBUH)에서 선정한 순위 자료 중 총 50개의 초고층건물을 연구대상으로 하였다. 이러한 유형 분류는 초고층건축의 설계에 있어 다양한 곡면형을 추구하는 디자인과정에 합리적으로 관여하는 기초적 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

■ 중심어 : | 초고층빌딩 | 비정형-곡면형태 | 형태조합 및 복합 관계 |

### Abstract

Globally, more super-tall buildings tend to be constructed competitively in the social and economic foundations. In the circumstance, this study is aimed at establishing a paradigm of super-tall buildings in terms of their various forms. Symbolizing a city or state, super-tall buildings not only are used as resources of tourism, but play an important role as a characteristic landmark. Therefore, it is necessary to find a curved form for a futuristic perspective. The purpose of this study is to infer the convergence relativity of curved forms among complex and diverse unstructured construction forms. This study used as subjects 50 super-tall buildings among the ranking data selected Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) in order for the basis of constructability related to actual design, rather than the way of recognizing a formative type, in the classification of curved forms into regularized surfaces, developable surfaces, and double-curved surfaces. The results of this study are presented as follows. This classification can be used as a fundamental material which is reasonably involved in the design process pursuing diverse curved surfaces in terms of design of tall buildings.

■ keyword : | Tall Buildings | Freeform-Curved Form | Form Mixing & Convergence Relativity |

\* 이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2018R1C1B6007237)

접수일자 : 2020년 01월 21일

심사완료일 : 2020년 02월 17일

수정일자 : 2020년 02월 13일

교신저자 : 박상준, e-mail : jun-2i@hanmail.net

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

건축형태로서 비정형 가운데 복잡한 곡면형상은 디지털 기술의 발전과 건축가의 자유로운 형태 실현 및 다양하고 실험적인 시도들에서 시작되었다. 또한 초고층빌딩의 곡면형 형태의 다양한 표출은 공간에 영향을 미치게 되면서 새로운 공간의 생성을 도모하게 되었으며 이에 초고층건축은 근대적 사유와 구조에 대한 해체, 탈경계, 시공간의 개념의 변화, 유동적 사고 등의 디지털적 시점에서 다양한 형태에 대한 해석이 되고 있다. 이러한 시도는 건물의 외부형태에서의 비정형적인 혁신, 변이, 창조와 함께 건물의 내부공간도 그 대상으로 한다.

따라서 초고층건축에 있어서 비정형 형태는 건축 디자인의 창조적인 사고의 관점에서 매우 중요하고 의미 있는 시도라고 볼 수 있으며 건축이 한 시대를 표출하는 매개체로서 한 단계 진화되고 있는 과정이라고 할 수 있다. 이와 같이 유기적 비정형에서부터 다양한 형태의 조합 즉, 곡면형 사각과 원형의 복합적인 형태로써 비정형건축에 이르는 성장배경을 기반으로 본 연구는 초고층빌딩의 곡선형 대상으로 형태 분석하고 세분화하여 형태조합을 유추하고 향후 방향성을 제안하는데 목적이 있다.

### 2. 연구방법 및 범위

본 연구범위는 전통적인 방식과는 구분되는 획기적인 시도들이 복잡한 곡면을 지닌 건축적 형태에 활용되고 있으며 기술적인 제약을 벗어나 디자인과정 전반에 걸친 조절 가능한 곡면형상이 주요한 연구사례가 된다. 따라서 세계초고층협의회(CTBUH)에서 초고층 기준을 고려하여 연구대상의 범주를 50층 이상으로 하였고 세계 초고층 순위를 정하는 데이터를 기준하여 1위에서 100위까지 사례 가운데 곡면형태 초고층빌딩만을 추출한 결과, 50개의 연구대상이 선정되었다. 연구 방법은 다음과 같다.

첫째, 현재 초고층 건축 현황과 특성을 중심으로 문헌조사와 고찰을 통해 이론적 근거를 제시한다.

둘째, 초고층 건축물의 개념 정리 및 초고층빌딩의

형태분류에 대한 분석요인에 대한 설명을 한다.

셋째, 초고층 건축물의 곡면형에 대한 형태 분류 및 사례 분석을 한다.

넷째, 3장의 내용을 중심으로 현 초고층 곡면형 건축물의 분석된 데이터를 통하여 결론을 도출한다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 초고층빌딩의 개념

초고층 건축물의 기준은 건축적 의미에 있어서 단순히 수치적으로 정의되기 보다는 어떠한 시기에 있어서 비교 판단 될 수가 있는 기준이 중요한 요소이며 여기에는 지역, 사회 그리고 문화적인 기준이 상호연관되어 적용됨을 알 수가 있다[1]. 그러므로 초고층의 개념은 대도시와 중소도시, 선진국에서 사용하는 범주와 같을 수 없으며 그 사회적 요구나 관점에 따라 다르게 정의되는 개념이라 본다.

이에 따라 초고층은 높이나 층수가 아니라 건축물의 거대성에 의해 어떠한 영향을 받느냐에 달려있으며 건축물의 계획 및 디자인이 고층의 요소를 가지느냐에 따라서 정의할 수 있다. 국제초고층협의회(CTBUH)<sup>1)</sup>는 높이가 50층 이상인 건축물, 밀면과 높이의 비율이 1:5 이상인 건축물, 횡력저항 시스템 유무의 판단에 의한 건축물을 초고층으로 정의하고 있다[2].

본 연구에서는 박상준(2019)[3]의 초고층 연구 100곳의 대상 가운데 곡면형 비정형 건축만을 포함하여 선정한 결과, 50개로 정리 되었고 이를 중심으로 연구대상의 범주를 선정하였다.

### 2. 초고층빌딩의 현황 및 선행연구

초고층빌딩의 곡면 형태는 2000년대 중반에 들어들면서 이중 곡면을 가지는 비정형 빌딩이 증가하기 시작하였다. 2004년 영국 런던의 30st Mary Axe로 시작되었고 이는 179.8m 높이의 로터(rotors)형태로써 사무실용도의 건축물이다. 런던의 바람이 잦은 조건에 충돌을 완화하기 위해 곡면 형태를 구성하였고 외부공간

1) Council on Tall Buildings and Urban Habitat

과의 소통을 극대화하기 위해 유리마감재 및 원형 형태에 맞는 Diagrid Structure 시스템을 이용함으로써 런던의 스카이라인을 유지하게 된다.

2005년에 완공된 twist 형태인 스웨덴 말뚝의 Turning Torso의 이중회 곡면형태가 유럽에서 나타났다면 아시아의 경제적 수준의 향상으로 인해 집중된 2008년 Taper-C 형태인 베트남 호치민의 Bitexco Financial Tower, MCF (Multi-ole Curved Form)-Separated Curve 형태인 일본 도쿄의 Mode Gakuen Cocoon Tower가 대표적이다. 그 다음이 2015년 완공한 상하이의 센터빌딩인 128층 632m이고, 2015년 Jiangxi Nanchang Central Plaza가 완공되어 곡면형태 비전은 이미 증가되고 있는 추세이다.

형태 구분	shape	geometry	구분	형태
EXTRUDERS	ortho	angle	slider	circle
	ortho	angle	slider	circle
	ortho	angle	slider	circle
ROTORS	ortho	hyperboloid	boloid	circle
	ortho	hyperboloid	boloid	circle
	ortho	hyperboloid	boloid	circle
TWISTERS	twister	angled twister	sliding twister	circle
	twister	angled twister	sliding twister	circle
	twister	angled twister	sliding twister	circle
TORUSES	torus	ortho-torus	free-torus	ortho-conical
	torus	ortho-torus	free-torus	ortho-conical
	torus	ortho-torus	free-torus	ortho-conical
FREE-SHAPES	nerve	curve	repeter	circle
	nerve	curve	repeter	circle
	nerve	curve	repeter	circle
TRANSFORMERS	bender	blatford rotor		circle
	bender	blatford rotor		circle
	bender	blatford rotor		circle

그림 1. 선행연구 초고층빌딩의 형태분류 사례

위의 분석에서, 선행 연구 분석에 의한 형태분류는 대다수 연구에서 초고층형태를 primastic, setback, step, taper, plan, taper-curve, twist, rotors, morph-plan, morph-curve, MCF 등으로 분류 하고 있다[4-9].

위의 [그림 1]의 초고층빌딩의 형태분류는 전체적인 볼륨의 형상을 기준으로 하고 있기 때문에 세부적인 입면의 변화에 대한 설명이 불충분하다. 따라서 박상준 (2019)[3]에 의한 연구에서 곡면형 분류체계, 그리고 초고층 건축형태분류와 관련한 다양한 형태분류를 접목하여 보다 명확하며 체계적인 분석을 제안하고자 한다.

2) 초고층빌딩의 융합적 건축형태 분류와 경향에 관한 연구(2019)의 경우 작품사례에 대해 정형과 비정형 전체에 대해 분류한 반면, 본 연구에서는 대상사례에서 비정형의 곡면 유형 분류와, 이후 디지털디자인도구와의 관계를 통한 또 다른 분석을 제안한다.

### III. 곡면형 초고층빌딩의 형태분류

#### 1. 분류 및 분석의 방법








분석방법의 유형 분류는 대상사례 50건에서 나타나는 유형을 기본으로 하여, 평면과 geometry로 분류되는 단순 형태분석과, 곡면 형태를 구성하는 곡면유형의 종류로 구분하였다. [표 1][표 2] 사례분석에 의하면 대다수 초고층건축 평면형태(shape)의 경우 대다수 원형의 유형을 보이거나, 사각형 또는 그 이상의 경우 모서리에 곡률을 형성하는 곡면(round)유형이 나타난다. 삼각 또는 다각의 경우(curve triangle)도 동일한 평면을 구성한다. [표 1]에서는 초고층 빌딩의 형태를 컴퓨터 3d 모델링 프로그램에서 사용하는 기하학 도형(geometry)과 그 도형을 생성하기 위한 명령어를 기준으로 분류하였다.

표 1. 초고층건축 형태 분류

구분	내용			
shape		circle		annulus
		semi circle		ellipse
		round square (r-shape)		
		spiral		curve curve NGon
		curve triangle		curve triangle isotoxal
	geo-metry		cone	
		tube		torus
		sphere		half sphere
		ellipsoide		chamfer box
		helix		





디지털디자인도구의 활용에 있어서는 국내에서 건축분야 등에서 비교적 활용도가 높은 Autodesk 3dsMax를 중심으로 진행한다.















표 2. 초고층건축 형태 분류

곡면 구분		곡면형태유형			
1방향 2방향	형태 분류	geometry	pure		
			ortho [perpendicular]		
복합 세그 먼트	고층 형태 구성				
		setback	convergence	stack	step
					
		frustum	truncate		

로 수직으로 돌출되기 때문에 형태에서 평면을 유추할 수 있는 유형이며, perpendicular는 평면을 수직으로 돌출시키는 과정에서 형성되는 자유곡면으로 평면형태(shape)의 한 면만 곡면으로 형성되는 점에서 bend와는 차이가 있다. pure는 geometry가 그대로 드러나는 유형으로 정의 한다.

표 3. 초고층건축 형태 분류

pure	ortho	perpendicular	truncate
			
Nakheel Tower	Haiya Business Center	River view Plaza A1	Burj Mohammed Bin Rashid

곡면 구분		곡면형태유형			
1방향 2방향 복합 곡면 세그 먼트	곡면 유형	twist			
			twist	spiral	helix
			morph		
		morph		MCF-SC	MCF-CC
		boloid			
			hyperboloid	paraboloid	
		curve			
			flection	wave	
		bend			
			bend		
		taper			
			taper		
rotors					
	rotors	concave	convex		





위의 [표 3] Nakheel Tower는 geometry의 cylinder형태가 전체건축형태에 그대로 나타나고 있으며, Haiya Business Center와 Burj Mohammed Bin Rashid는 curve의 평면 형태가 그대로 돌출되어 보이고 있으며, Burj Mohammed Bin Rashid는 매스 일부가 절두(截頭)된 truncate의 형태를 나타낸다. River view Plaza A1는 shape이 돌출되는 과정에서 부분적 면이 곡면으로 휘어져 나오는 유형이다.

‘setback’은 기준층의 평면이 그룹을 형성하고, 상부 Z축 방향으로 진행하면서 단계별로 줄어드는 유형이다. 즉, setback은 상부로 갈수록 평면 및 유형의 크기가 변하는 형태이고, ‘stack’은 크기 및 유형의 변화 없이 상부층을 향해 쌓아가는 형태이다. ‘step’은 개체의 크기와 변형에 관계없이 상부층에 가면서 동일한 형태가 수평방향으로 반복적 및 단계적 변화를 가진다[5][10]. ‘convergence’의 유형은 상부층으로 갈수록 평면의 크기가 줄어드는 점에선 ‘setback’과 동일한 유형이지만 입면 구성에서는 경사면으로 구분되는 차이점을 가진다.

## 2. 분석의 적용 사례

형태분류 및 그 구성에 있어, ortho의 경우 geometry형태와는 상관없이 평면형태(shape)이 그대로


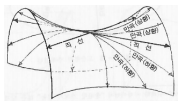
표 4. 초고층의 높이에 따른 형태 분류


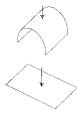
setback	step	stack	convergence
			
World Flower T1	Dynamic Tower	Evergrande International Financial Center T1	China Resources Headquarters

위의 [표 2]의 곡면유형에서처럼 모든 건축형태에서 나타나는 곡면은 아래 [표 5][11]와 같이 돔형(b), 원통형(a), 안장형(c)의 세 가지 유형으로 나타난다.3)

곡면형은 원형(circle)과 곡면(curve)으로 평면과 형태를 구성하고 있으며, 1방향곡면과 2방향곡면으로 분류된다. 세그먼트 곡면형은 곡면유형이며 각 면이 접힌 상태로 연결되어 사각면이 아닌 삼각면으로 처리되어 접히거나 꺾여서 표현된다. 단방향 곡면형은 곡면의 휘어짐을 가지며 각 휘어짐의 유형이 단독으로 나타나서 일정한 방향성을 가진다. 따라서 복잡한 형태보다는 간단하면서 심플한 형태를 형성한다고 할 수 있다. 이중 휨 곡면형은 곡면의 휘어짐이 단독으로 나타나는 경우와 휘어짐이 연속적으로 연결되어 곡면의 웨이브를 형성하는 경우가 있다. 또한 곡면의 휘어짐이 x, y, z축으로 동시에 형성되어 여러 방향 웨이브의 형태를 가진다.




표 5. 곡면 형태의 구분

이름	형태	내용
원통형		도움형의 면은 모든 반지름 방향에 대해 아래쪽으로 곡면을 가지며 2방향 곡면으로 전개 불가능 면이다.
안장형		안장형은 좌우의 곡면은 아래쪽으로 휘어지고, 전후면은 위쪽으로 휘어진다. 따라서 안장면은 전개불가면인 2방향이다.

원통형			원통형의 면은 모든 절단체가 한 방향을 제외하고는 아래로 곡면이 형성되고, 축을 따라가는 면은 직선이 되는 1방향 곡면이된다. 원통형은 축방향에선 곡면이 아닌 직선이다.
-----	---	--	--



나선형 곡면의 나선형 운동이라는 것 외의 ‘spiral’은 중심점으로부터 발산 되는 곡선으로 중심점 주변으로 회전하여 점차 멀어지거나 그 반대가 되는 2차원 곡선을 의미하고 ‘helix’는 축을 중심으로 하여 축과 거리가 일정하거나 또는 연속적으로 변화하는 3차원 곡선을 의미한다. 즉 ‘spiral’은 반지름이 변이하는 나선운동을 ‘helix’는 반지름이 고정된 나선운동을 의미한다 [12]. 나선과 비틀림의 유형은 1방향곡면과 2방향곡면 유형으로 표출되는 경우가 대부분 나타난다. ‘morph’는 수평의 동일하지 않은 곡선을 서로 연결한 곡면으로서 최하층의 평면 형태는 최상층의 다른 평면 형태로 점진적 변이하면서 전체적 형태가 변화된다[13]. ‘MCF-SC,CC’는 곡면의 유형이 1방향과 2방향으로 구분된다. 그 내용은 아래 [표 6][표 7]과 같다.

표 6. 곡면의 형태 구분 (twist)

구분	사례	내용
spiral 와선 渦旋		·Great Mosque of Samarra(좌) ·Chicago Spire(우) ·2차원 평면에서 원운동 ·반지름이 변하는 나선운동 ·중심축에서 거리가 증가 또는 감소
helix 나선 螺旋		·Dynamic Tower(좌) ·Diamond Tower(우) ·3차원 공간에서 나선운동 ·반지름이 고정된 나선운동 ·중심축에서 일정한 거리를 유지 ·축을 중심으로 형태가 비틀림
twist 비틀림		·Turning torso(좌) ·Canton Tower(우) ·형태 내의 축을 중심으로 비틀림 ·회전에 의한 피치가 드러나 보임 ·감겨진 형태에서 길이 방향으로 잡아 당겨져 보이는 유형

3) 가우스 (Gauss, 1777-1855), 수학자

표 7. 곡면의 형태 구분 (morph)

구분	사례	내용
MCF - SC		-Tianjin CTF Finance Center -곡면의 수평 또는 수직적 조합 -곡면들이 분리되어 나타남 -1방향곡면
MCF - CC		-Digital Media City Landmark Building -다양한 곡면의 일체화된 조합 -곡면들이 연결되어 나타남 -자유곡면, 네모사리가 각각 다른 자유곡면 -2방향곡면

‘Hyper-boloid’는 쌍곡면을 ‘Para-boloid’는 포물면을 의미하며, ‘curve’의 flection은 휘어진 면을, ‘wave’는 flection이 연결되어 나타나는 연속곡면을 의미한다. 곡면유형 건축의 특성상 모든 사례에서 휨의 특성을 보이게 되지만, 본 연구에서는 geometry에서 나타나는 휨은 제외하였다. ‘bend’는 곡률을 가지고 구부러지는 유형, ‘taper’는 곡률을 가진 양측 경사로 정의 한다. ‘rotors’는 중심축으로부터 단면의 곡선이 360도 회전하여 형성된 형태이며, ‘concave’는 단면에서 나타나는 오목한 곡면을, ‘convex’는 볼록한 곡면의 유형으로 분류한다.

#### IV. 곡면형 초고층빌딩의 사례고찰

##### 1. 분석대상 선정

박상준(2019)의 초고층빌딩의 융합적 건축형태분류와 경향에 대한 연구에서 선정한 사례 100개 가운데 초고층빌딩 비정형인 곡면형만을 선정하여 50개를 추출하였고 이를 대상으로 정형화곡면, 단방향곡면, 이중휨곡면으로 구분하여 사례 분석을 하고자 한다.

표 8. 분석대상 초고층 건축

번호	순위 4)	이름	나라	연도
1	004	Nakheel Tower	AE	2020~
2	005	Jeddah Tower	SA	2020~
3	006	Phoenix Tower Feng	CN	2020~
4	008	Burj Khalifa	AE	2010
5	010	Vertical City	QA	2015제안

6	013	Wuhan CTF Finance Center	CN	2020~
7	014	DigitalMediaCity Landmark Building	KR	2020~
8	016	Wuhan Greenland Center	CN	2020~
9	017	Tokyo Skytree	JP	2012
10	018	Shanghai Tower	CN	2015
11	020	Chicago spire	US	2005제안
12	022	Canton Tower	CN	2010
13	026	BinHai One	CN	2010제안
14	028	Lotte World Tower	KR	2017
15	031	Dubai Towers Dubai	AE	2020~
16	034	Ostankino Tower	RU	1967
17	035	World Flower T1	CN	2012제안
18	037	Tianjin CTF Finance Center	CN	2019
19	038	China Zun Tower [Citic Tower]	CN	2018
20	044	Evergrande International Financial	CN	2021
21	045	Dalian Greenland Center	CN	2019
22	047	Busan Lotte Town Tower	KR	2020~
23	048	Burj Al Alam	AE	2020~
24	053	Shanghai World Financial	CN	2008
25	056	International Commerce Centre	HK	2010
26	061	Corporate Avenue 1	CN	2021~
27	062	ASE Center R6	CN	2005제안
28	064	Oriental Pearl Television Tower	CN	1955
29	067	Lakhta Center	RU	2019
30	069	Lam Tara Tower 1	AE	2008제안
31	072	Petronas Twin Tower1	MY	1998
32	074	Suzhou IFS	CN	2019
33	080	080 World One	IN	2019
34	081	081 KK100	CN	2011
35	082	Guangzhou International Finance	CN	2010
36	083	Wuhan Center Tower	CN	2018
37	085	Riverview Plaza A1	CN	2019
38	090	Haiya Business Center	CN	2011제안
39	091	Haikou Tower1	CN	2020~
40	100	Menara Kuala Lumpur	MY	1996
41	102	Ekibastuz GRES-2 Chimney	KZ	1987
42	105	Tianjin Radio & TV Tower	CN	1991
43	107	Al Hamra Tower	KW	2011
44	111	Central Radio & TV Tower	CN	1992
45	118	Nanjing Olympic Suning Tower	CN	2020~
46	121	China Resources Headquarters	CN	2018
47	127	Dynamic Tower [Rotating Tower]	CN	2020~
48	129	Henan Province Radio&Television	CN	2011
49	139	Burj Mohammed Bin Rashid	AE	2014
50	143	INCO Superstack	CA	1972

##### 2. 연구대상 분석

위의 [표 8]을 대상으로 하여 각각의 곡면 형태를 분석한 결과 아래 [표 9]와 같이 곡면 형태의 특성을 도출하였으며, 동시에 디지털 디자인 도구를 활용하여 그 형태를 생성할 수 있는 명령어를 추출하고 형태 유형과의 관계를 검증하였다.

4) CTBUH 기준의 높이에 따른 순위 (곡면유형중심)

표 9. 연구 분석들

번호	shape	geometry	곡면 형태	형태유형
	Digital Design Tool			
1	circle	cylinder	1방향	pure
	Cylinder/Boolean			setback
2	C-T-isotoxal		1방향	convergence
	Taper			
3	circle	cone	복합	pure
	Cone/Stretch/Taper/Squeeze/FFD			convergence
4	T-isotoxal	E-cylinder	1방향	pure
	Boolean			setback
5	annulus	tube	1방향	pure
	Tube/Extrude			
6	r-square	chamfer box	1방향	convergence
	Twist			twist
7	circle/r-square	cylinder/chamfer B	2방향	
	CrossSection			MCF-CC
8	C-T-isotoxal		2방향	convergence
	Squeeze/FFD			para boloid/convex
9	triangle/circle	cone	세그먼트	convergence
	Tessellate/Lattice			morph
10	curve-triangle		2방향	ortho
	Twist			helix
11	curve-NGon		2방향	ortho
	Squeeze/Twist/Helix			sprial/convex
12	ellipse	E-cylinder	세그먼트	
	Tessellate/Lattice/Stretch/Twist			twist/hyper-boloid
13	r-square	chamfer box	1방향	ortho
	Boolean/Stretch/FFD			setback
14	r-square	pyramid	1방향	rotors
	Squeeze			pure
15	NGon	cone	세그먼트	convergence
	Cone/Squeeze/Twist/Helix			helix
16	circle	cylinder/cone	1방향	pure
	Cone/Cylinder/Scale			convergence
17	ellipse	E-cylinder	1방향	pure
	Boolean			setback
18	curve		1방향	ortho
	CrossSection/Boolean			convergence
19	r-square	chamfer box	2방향	MCF-SC/concave
	Stretch/Taper			ortho
20	r-square		2방향	rotors
				ortho

	Stretch/Taper/Boolean			stack
21	curve-triangle		1방향	wave/rotors
	Boolean/QuickSlice/Symmerty			ortho
22	curve-triangle		1방향	convergence
	Boolean			concave
23	C-T-isotoxal		2방향	ortho
	Stretch/Taper			morph/hyper-boloid
24	square/NGon		1방향	ortho
	Taper/Boolean/QuickSlice/Symmerty			convergence
25	square	cuboid	1방향	taper/morph
	Stretch			pure
26	ellipse	E-cylinder	2방향	flection
	Extrude/Boolean/Stretch/Taper			ortho
27	curve		1방향	rotors
	Extrude			ortho
28	circle	sphere/cylinder	1방향 2방향	flection
	sphere/cylinder			pure
29	NGon	pyramid	1방향 세그	convergence
	Squeeze/Twist			twist
30	NGon	cone/pyramid	1방향 세그	pure
	Cone/Squeeze			convergence/frustum
31	square/circle	cuboid/cylinder	1방향	pure
	Cylinder/Boolean			setback
32	annulus-ellipse	A-E-cylinder	1방향	ortho
	Extrude/Boolean/Slice			truncate
33	C-T-isotoxal		1방향	ortho
	Extrude/Boolean			setback
34	rectangle		1방향	wave
	Taper/Boolean/Symmetry			ortho
35	C-equilateral		2방향	convergence
	Stretch/Taper			rotors
36	annulus-ellipse	A-E-cylinder	2방향	ortho
	Boolean/QuickSlice/Symmerty			rotors
37	rectangle		1방향	ortho [perpendicular]
	QuickSlice/Loft			truncate
38	C-T-isotoxal		2방향	flection
	Extrude/Squeeze/Taper			ortho
39	r-square/circle		2방향	convergence
	CrossSection			para-boloid/rotors/wave
40	NGon	cylinder	1방향 세그	ortho
	Cylinder/Stretch/Cone			MCF-CC
				pure
				convergence

41	circle	cylinder	2방향	pure
	Cylinder/Stretch			hyper-boloid
42	circle		1방향	convergence
	Cylinder/Stretch/Cone			rotors
43	r-square		1방향	ortho
	Twist/Boolean			turncate
				helix/flection
44	circle		1방향	convergence
	Cone			
45	curve		1방향	ortho
	FFD			flection
46	circle	cone	2방향	pure
	Taper/Squeeze			convergence
				rotors
47	curve-NGon		1방향	ortho
	Helix/Twist/Rotation			stack
				helix
48	circle		1방향 세그	convergence
	Taper/Stretch/Cone			hyper boloid
				ortho
49	curve		1방향	turncate
	Extrude/Taper/Q-slice/Boolean			wave
				pure
50	circle	cylinder	1방향	pure
	Cylinder/Taper			

디지털 디자인 도구의 활용 측면에서 명령어인 'ortho'의 형태유형은 평면의 형태가 그대로 돌출되는 특성이 있기 때문에 돌출(Extrude)와 동일하게 활용된다. 또한 형태의 볼륨을 형성하는 대표적인 명령 'FFD'의 경우 비정형적 형태 전체에 적용될 수 있는 명령어이지만 본 연구사례 Nanjing Olympic Suning Tower(45)와 같이 각 부분의 곡률이 다를 경우에 적용되는 것으로 정의한다. 그 이외의 'rotors'를 포함한 경사면 커브의 곡면은 Taper, Stretch, Squeeze 등의 명령어를 통해 생성 될 수 있다[표 9]. 디지털디자인도구의 명령어 가운데 'Twist'는 비틀림의 형태유형으로 'Boolean'은 형태의 합집합(union)으로, 교집합은(subtract)으로, 차집합은(intersect)으로 형태유형을 정의하고자 한다. 본 연구의 핵심인 초고층 건축은 비정형 형태인 곡면을 형성하기 위한 명령어로서 대부분 'Taper', 'Stretch' 등 수직적인 형태 조합을 위한 명령

어를 주로 활용하고 있다[표 10].

표 10. 형태생성을 위한 도구의 활용의 예

pure	활용	내용
		Nakheel Tower (1) pure : geometry가 그대로 활용 Boolean : geomtery(cylinder)가 조합되어 union z축으로 조합되는 과정에서 geometry가 축소
		Haiya Business Center (38) Extrude : C-T-isotoxal의 평면 돌출 Squeeze / Taper : 동일한 양축경사
		River view Plaza A1 (37) QuickSlice / Loft : 곡면의 slice 단순1방향곡면
		Burj Mohammed Bin Rashid (49) Extrude : curve 평면 돌출 Taper / Q-slice : 사선으로 절단 Boolean
		China Resources Headquarters (46) geometry : cone, cylinder geometry유형이 그대로 드러나는 pure Taper/Squeeze : 양축의 볼륨 곡면
		Lakhta Center(좌)(29) / Canton Tower(우)(12) Twist : 비틀림 형태 squeeze(좌)/stretch(우) : 양축경사 및 볼륨
		Guangzhou International Finance (35) Extrude : C-equilateral 평면의 돌출 (ortho) Stretch/Taper : 양축경사 및 볼륨
		Burj Al Alam (23) Extrude : curve 평면의 돌출 (ortho) Stretch/Taper : 양축경사 및 볼륨

### 3. 소결

flection은 대표적인 곡면형태의 유형으로 전 사례에 공통적으로 적용되어 있지만, mass의 기본유형에 적용되어 있지 않고 별도의 유형으로 적용되어 있는 사례는 international commerce center, ASE center R6, riverview plaza A1에서 대표적인 유형으로 나타난다. 평면 'shape'에서는 곡면의 대표적 유형인 'circle'이 많이 보이고, 삼각형이나 다각형 평면의 경우 모서리에 곡률을 형성하는 'curve' 유형으로 나타난다. 'shape'의 경우 그 평면형태가 그대로 돌출되는 'ortho'로 나타난다. 'ortho'는 사례에 23개로 나타나고, 'geometry'가 건축형태에 그대로 나타나는 'pure'유형

5) FFD(Free-Form Deformation, 자유변형) 형상주위를 격자로 둘러 싸고, 그 격자의 제어점을 조절하여 형상을 변형



은 16개로 나타난다. 초고층건축의 대표적 유형으로 나타나는 'twist'의 경우 8 사례에서 나타났으며, 'morph'의 유형은 6 사례에서 보이고 있다. 'flection'과 'wave'의 유형인 'curve'는 9 사례에서 나타난다. 형태에서 곡면볼륨의 'rotor', 'convex', 'concave'는 13건의 사례에서 보이고 있다.

표 11. 곡면유형의 분포

구분	유형	분포
곡면 구분	1방향	32/50 (64%)
	2방향	15/50 (30%)
형태 분류	pure	16/50 (32%)
	ortho	23/50 (46%)
고층 형태 구성	setback	7/50 (14%)
	convergence	24/50 (48%)
	stack	2/50 (4%)
	step	1/50 (2%)
곡면 유형	twist (spiral, helix)	8/50 (16%)
	morph (MCF-SC,CC)	6/50 (12%)
	curve (flection, wave)	9/50 (18%)
	rotor (convex,concave)	13/50 (26%)
	hyper-boloid, para-boloid	6/50 (12%)

[표 11]에서 보면 대부분 곡면에서 1방향이 가장 많은 64%를 보이며 고층 형태구성에서 convergence 48%, 형태분류에서는 ortho 46%이며 곡면유형에서는 rotor 26%를 보인다. 사례가운데 가장 낮은 고층형태 구성에서 step은 2%로 나타났다. 또한 곡면구분은 1, 2방향에서 대부분을 나타낸다고 볼 수 있으며 곡면유형에서는 rotor가 가장 높은 것에 비해서 twist 16%, morph 12%, curve 18%, 그리고 hyper-boloid 12%로 비등한 비율로 나타났다.

## V. 결론

본 연구에서는 초고층빌딩 곡면형 건축의 융합형태 분류를 위하여 Kare Vollers가 주장하는 초고층건축의 기하학적 분류를 차용하여 분석한 결과, 곡면형은 전체적인 볼륨의 형상을 기준으로 하고 있기 때문에 세부적인 입면의 변화에 대한 설명이 불충분하다. 이에 박상준(2019)의 초고층빌딩의 융합적 건축형태분류와 경향

에 대한 연구에서 선정한 사례 100개 가운데 초고층빌딩 비정형인 곡면형만을 선정하여 50개를 추출하였고 이를 대상으로 정형화곡면, 단방향곡면, 이중휨 곡면 등 구분하여 사례 분석을 통하여 다음과 같이 결론을 도출하였다.

첫째, [표 11]에서 보듯이 건축형태 조합은 곡면 1방향이 64%로서 대부분 사례에서 나타났고 형태조합의 복합(convergence)은 48%이고, 나머지 형태조합은 ortho 46%로 순서대로 나타났다. 이를 통해 초고층빌딩 비정형 곡면형태의 형태조합은 복합 즉, convergence가 대부분 나타나는 경향을 볼 수 있다. 또한 곡면유형에서는 rotor가 26%로서 소수 보이고 있음을 알 수 있다.

둘째, 복합적으로 나타나는 초고층화에 따라 평면의 유형은 단일 곡면형 사각형과 원형의 유형이 많이 보이고 있으며, 평면형태가 변화하는 복합평면의 유형도 함께 보인다. 건축적 매스는 단일형의 유형이 많이 보이고 있으며, 복합형의 경우 동일한 유형이 반복되는 트위스트(twist)형으로 나타난다.

결과적으로 초고층빌딩의 비정형 곡면 형태조합은 복합(convergence)이 증가하는 것으로 유추할 수 있으며 이는 형태적 복합관계가 형성되기 때문에 건물의 내·외부에도 영향을 미치는 결과를 가진다. 향후 초고층빌딩의 곡면형 건축형태는 고도화, 전문화 되어 디지털 형상화를 통해 극변하는 다양함과 복잡한 형태를 구축해 갈 것이고 이에 관하여 대응하기 위해 진화해 가는 다각도의 접근이 요구된다. 이러한 유형 분류는 초고층건축의 설계에 있어 다양한 곡면형을 추구하는 디자인과정에 합리적으로 관여하는 기초적 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 여영호, "복합용도에 있어서의 초고층 주거시설," 대한건축학회지, 제45권, 제10호, p.16, 2001.
- [2] 건설교통부, *한국건설교통기술평가원(공편), 초고층 건축물 건설기술 연구단 최종보고서 부록*, 대한건축학회, 2008.
- [3] 박상준, "초고층빌딩의 융합적 건축형태 분류와 경향

에 관한 연구,” 한국과학예술융합학회, 제37권, 제5호, pp.119-133, 2019.

- [4] 임보람, 김현수, 이성령, 김진욱, “현대 초고층 건축물의 형태적 경향에 관한 연구,” 대한건축학회논문집, 제24권, 제12호, p.284, 2008.
- [5] 김진아, 박상민, 권종욱, “주거를 포함하는 복합용도 초고층건축의 형태 및 외관 특성에 관한 연구,” 대한건축학회논문집, 제29권, 제6호, p.103, 2013.
- [6] 박상민, “비정형 초고층건물의 형태별 곡면특성 분석,” 대한건축학회논문집, 제30권, 제2호, p.63, 2014.
- [7] 박상민, “초고층빌딩 형태디자인을 위한 디지털 설계도구의 개발과 적용에 관한 연구,” 대한건축학회논문집, 제23권, 제11호, p.101, 2007.
- [8] 김진아, 권종욱, “초고층건물의 용도별 형태 및 외관특성에 관한 연구,” 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, 제2012권, 제1호, pp.193-194, 2012.
- [9] 전명철, 김민경, 이정수, “중국 초고층 건축물의 형태구성 특성과 영향요인에 관한 연구,” 대한건축학회연합논문집, 제12권, 제3호, p.33, 2010.
- [10] 박상준, “초고층빌딩의 융합적 건축형태 분류와 경향에 관한 연구,” 한국과학예술융합학회, 제37권, 제5호, pp.127-128, 2019.
- [11] Mario Salvadori, *건축물은 어떻게 해서 서 있는가*, 기문당, 1997.
- [12] 박상준, “초고층빌딩의 융합적 건축형태 분류와 경향에 관한 연구,” 한국과학예술융합학회, 제37권, 제5호, p.127, 2019.
- [13] 박중하, 윤종경, 박상민, “비정형 초고층건물의 곡면분할을 위한 파라메트릭 디자인 프로세스 제안,” 대한건축학회논문집, 제31권, 제3호, p.52, 2015.

## 저 자 소 개

박 상 준(Sang-Jun Park)

종신회원



- 2000년 2월 : 동서대학교 건축학과 (공학사)
- 2002년 2월 : 동서대학교 일반대학원 건축학과(공학석사)
- 2012년 8월 : 동서대학교 디자인전문대학원(디자인박사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 신라대학교

실내건축디자인전공 조교수

〈관심분야〉 : (비정형)건축형태, 디지털디자인, MR