



Generative Design 기반 행정복지센터의 대지 형태에 따른 매스 생성과 에너지 특성

Mass Generation and Energy Performance According to Site Shape for Administrative Welfare Centers Using Generative Design

정선철* · 권주현** · 오준걸***

SunChul Jung* · JooHyeon Kwon** · JoonGul Oh***

* Main author, Ph.D. Candidate, School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, South Korea (sunchuljung@seoultech.ac.kr)

** Coauthor, Ph.D. Candidate, School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, South Korea (joo94@seoultech.ac.kr)

*** Corresponding author, Professor, School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, South Korea (jgoh@seoultech.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: This study aims to generate building masses for different site shapes using Generative Design during the early architectural planning stage and to examine the energy characteristics of each mass type by comparing EUI (Energy Use Intensity). It proposes a Generative Design-based process integrating mass generation and energy analysis. **Method:** This study analyzed 41 winning entries from design competitions for Administrative Welfare Centers in Korea between 2016 and 2025. Site shape, site area, building area, gross floor area, number of floors, and floor-to-floor height were examined. The sites were classified as square, rectangular, trapezoidal, or L-shaped, and baseline models were established based on the average values from the case analysis and comparison conditions. Building masses were generated using Rhino and Grasshopper, and EUI was calculated through energy simulations using Ladybug and Honeybee. **Results:** A total of 2,000 building masses were generated, of which 1,485 duplicate masses were excluded. Among the remaining 515 masses, 33 were selected as representative masses and classified into compact, courtyard, and composite types. The square-plan mass had the minimum total EUI of 96.86kWh/m², whereas the U-shaped mass had the maximum total EUI of 103.87kWh/m². Even under the same site area and building scale conditions, the mass types that could be generated and their EUI values varied according to site shape. These findings demonstrate that mass configuration and energy characteristics can be examined simultaneously during the early architectural planning stage.

KEYWORD

행정복지센터
대지 형태
매스 유형
에너지 특성

Generative Design
Administrative Welfare Centers
Site Shape
Mass Type
Energy Performance

ACCEPTANCE INFO

Received Jul. 13, 2026

Final revision received Aug. 10, 2026

Accepted Aug. 14, 2026

© 2026. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 건축설계의 디지털 환경은 CAD (Computer-Aided Design) 기반의 2차원 설계에서 BIM (Building Information Modeling) 기반 3차원 정보모델 설계로 발전하였다. 나아가 설계 조건과 성능 기준을 반영해 다양한 대안을 자동 생성하는 Generative Design으로 확장되고 있다. Generative Design은 초기 단계에서 다수의 대안을 신속히 생성·비교하여 복잡한 조건 검토와 설계 의사결정을 지원한다.

한편, 「건축서비스산업 진흥법」 제21조는 공공건축의 품격 향상을 위해 건축물의 특성, 규모 및 사업비를 고려해 적합한 설계 발주 방식을 선정하도록 규정하고 있다[1]. 이에 따라 설계 공모는 공공건축물의 설계 품질 향상과 설계자의 참여를 위한 설계공모가 적극적으로 시행되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 건축계획 초기 단계에서 Generative Design을 활용하여 대지 형태에 따른 다양한 건물 매스를 생성하고, 생성된 매스의 EUI (Energy Use Intensity)를 비교·분석하여 매스 유형별 에너지 특성을 검토하는 데 있다. 이를 통해 대지 형태에 따른 매스 생성과 에너지 특성 분석을 통합한

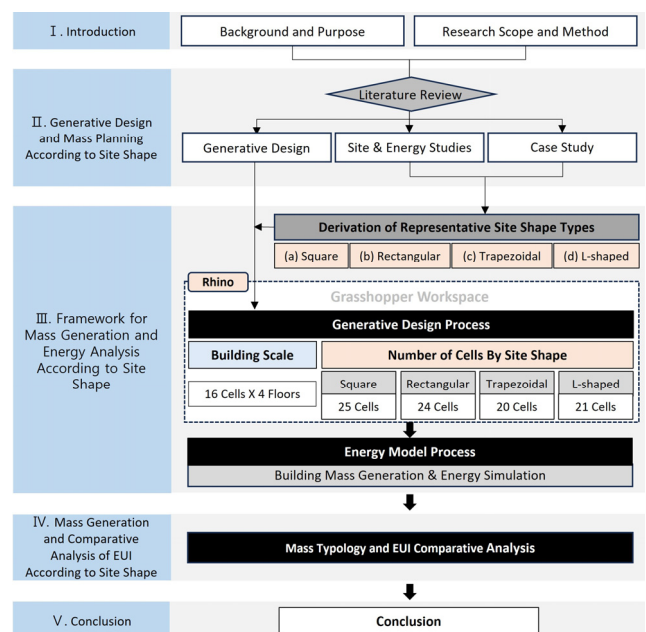


Fig. 1. Research flow chart

Generative Design 기반 설계 지원 프로세스를 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 2016년부터 2025년까지 최근 10년간 국내 공공건축물 중 소규모 업무시설에 해당하는 행정복지센터 설계공모 당선안으로 한정한다. 이 중 자료 확인이 가능한 41개 당선안을 대상으로 대지 형태, 대지면적, 건축면적, 연면적, 층수 및 층고를 분석한다. 분석 결과를 바탕으로 대지를 정방형, 장방형, 사다리꼴 및 L자형의 4가지 형태로 분류한다. 기본모델의 조건은 사례분석에서 도출된 평균값과 연구의 비교 조건을 고려하여 설정한다.

본 연구는 Fig. 1.의 연구 흐름도에 따라 진행하며, 연구의 방법은 다음과 같다. Rhino 8 (Ver.8.30.26103)과 Grasshopper를 활용하여 대지 형태, 건축가능영역 및 건물 규모 등 설계 조건을 설정하고, 대지 형태별 건물 매스를 생성한다. 생성된 매스는 Grasshopper 환경분석 Plug-in Ladybug (1.10.0)와 Honeybee (1.10.0)를 활용하여 에너지 시뮬레이션을 수행하고, EUI를 산출한다. 이후 생성된 매스 대안을 유형별로 분류하고, 각 유형의 EUI를 비교·분석한다.

2. Generative Design과 대지 형태에 따른 매스계획

2.1. Generative Design과 대지 특성에 따른 에너지 성능에 관한 선행연구

‘Generative Design’은 설계자가 설정한 목표, 제한조건 및 성능 기준을 바탕으로 다양한 설계 대안을 자동으로 생성하는 설계 방법이다[2]. 이는 다수의 대안을 신속하게 탐색하고 비교할 수 있어 법규, 사용자 요구사항 및 환경 성능 등 고려해야 할 요소가 복잡해지는 건축설계 초기 단계에서 효과적인 방법으로 활용되고 있다.

선행연구는 A. Generative Design 관련 연구와 B. 대지 특성 및 에너지 성능 관련 연구로 구분하여 분석하였으며, 그 결과는 Table 1.과 같다. 먼저 A. Generative Design 관련 선행연구를 분석한 결과 Yair Schwartz et al.은 Generative Design과 전 생애 성능 평가를 연계하여 에너지 성능을 검토하는 프로세스를 제안하였다[3]. Elnaz Tafrihi Bailey et al.은 매스 생성과 다목적 최적화 알고리즘을 연계한 설계 자동화 프로세스를 구축하였다[4]. Likai Wang et al.은 다양한 매스 대안을 체계적으로 생성·평가할 수 있는 설계 프로세스를 제안하였다[5]. Xingyue Feng et al.은 생성 알고리즘과 성능 시뮬레이션을 통합하여 최적 설계 프로세스를 구축하였다[6].

Liwei Chen et al.은 고층 타워 수직형태의 다양성과 성능 연계성을 확보하는 프레임워크를 개발하였다[7]. Atousa Momenaei et al.은 건축물의 발코니를 대상으로 Generative Design 기반 파라메트릭 플랫폼을 개발하고, 발코니 적용에 따른 에너지 효율성과 거주자 쾌적성을 비교·분석 하였다[8]. 권주현 외는 평면계획 자동화 알고리즘을 통해 다양한 설계 대안을 도출하고, 설계 프로세스의 적용 가능성을 검토하였다[9].

B. 대지 특성 및 에너지 성능 관련 선행연구를 분석한 결과 Yun Kyu Yi et al.은 CFD (Computational Fluid Dynamics) 분석을 통

Table 1. Literature review

Division	Author (s)	Mass	PS*	EP**	Elevation
A. Generative design	Yair Schwartz et al.[3]	●	●	●	●
	Elnaz Tafrihi Bailey et al.[4]	●	●	●	-
	Likai Wang et al.[5]	●	●	●	-
	Xingyue Feng et al.[6]	●	●	-	-
	Liwei Chen et al.[7]	●	●	●	●
	Atousa Momenaei et al.[8]	●	●	●	●
	Joohyeon Kwon et al.[9]	●	●	-	-
B. Site and energy performance	Author (s)	Site shape	Aspect ratio	BCR***	Site context
	Yun Kyu Yi et al.[10]	●	●	●	●
	Jeong Min Choi [11]	●	●	●	-
	Haijing Liu et al.[12]	-	●	●	●
	Sumin Lee et al.[13]	-	●	-	●
	Haeun Moon et al.[14]	●	●	●	●

*PS: plan shape, **EP: energy performance, ***BCR: building coverage ratio

해 대지 미기후를 반영한 건물 형태 최적화와 에너지 소비 저감 가능성을 검토하였다[10]. 최정민은 대지 및 건물 매스를 구축하여 설계 초기 단계의 에너지 성능 검토 가능성을 확인하였다[11]. Haijing Liu et al.은 건물 간격 및 규모에 따른 주변 건물의 음영효과와 에너지 수요 변화를 분석하였다[12]. Sumin Lee et al.은 주동 배치에 따른 미기후와 건물 에너지 부하의 영향을 분석하여 최적 배치계획 수립을 위한 기초자료를 제시하였다[13]. 문하은 외는 대지 형태와 주변 건물 조건을 반영한 파라메트릭 최적화를 통해 오피스 빌딩의 냉난방 부하 저감 효과를 분석하였다[14].

이와 같이 선행연구는 Generative Design을 활용한 매스 생성과 에너지 분석 가능성을 검토하였으나 대부분 단순한 대지 형태를 중심으로 수행되어 다양한 대지 형태에서 생성되는 매스의 에너지 특성에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 대지 형태를 주요 설계 조건으로 설정하고, 이에 따라 생성되는 건물 매스의 에너지 특성을 비교·분석하고자 한다.

2.2. 행정복지센터 설계공모 사례분석

Table 2.는 41개 설계공모 당선안의 대지면적, 건축면적, 연면적, 건폐율, 용적률과 대상지에 적용되는 법정 건폐율, 용적률을 정리한 것이다.¹⁾ 분석 결과, 대상지의 건폐율은 평균 46.0%였으며, 최소 11.86%에서 최대 71.87%까지 큰 편차를 보였다. 건폐율이 가장 낮은 Case 27의 대지면적은 6,011m²로, 전체 평균 2,323m²보다 크며, 상대적으로 넓은 대지 조건을 가진 것으로 나타났다. Case 3과 Case 31의 대지면적은 각각 9,835m²와 4,910m²로 모두 평균 대지면적보

Table 2. Building overview of administrative welfare centers

Building overview																	
Case no.	GFA* (m²)	BA** (m²)	B/F****	SA**** (m²)	BCR ***** (%)	FAR ***** (%)	Allowable		Case no.	GFA (m²)	BA (m²)	B/F	SA (m²)	BCR (%)	FAR (%)	Allowable	
							BCR (%)	FAR (%)								BCR (%)	FAR (%)
1	3,950	1,135	1/4	1,900	59.74	135.79	60	300	22	1,927	877	1/3	2,074	42.29	73.21	60	250
2	2,896	863	1/3	1,496	57.69	129.86	60	250	23	2,072	274	4/5	532	51.47	193.16	60	200
3	2,337	1,325	3	9,835	13.47	23.76	20	100	24	2,985	944	1/3	3,378	27.94	58.63	60	180
4	3,229	1,093	1/3	1,998	54.7	91.25	60	500	25	2,369	599	1/4	1,002	59.80	170.8	60	220
5	1,805	443	1/4	617	71.87	236.75	80	1300	26	3,314	592	2/4	2,162	27.39	101.17	60	200
6	3,139	444	2/4	746	59.54	194.39	60	200	27	2,033	713	1/3	6,011	11.86	29.04	40	100
7	2,344	528	1/3	1,890	27.93	66.06	60	150	28	2,914	1,968	3	3,965	49.63	73.48	50	200
8	2,978	1,058	1/3	6,612	15.99	45.03	50	300	29	994	253	1/3	468	52.55	142.41	60	180
9	1,094	701	1/2	1,926	36.39	50.94	60	300	30	1,740	1,042	3	2,269	45.95	76.69	60	200
10	3,140	691	1/5	1,157	59.73	198.21	60	250	31	5,215	981	1/3	4,910	19.98	44.78	20	80
11	1,795	775	1/3	3,865	20.06	46.44	60	250	32	2,713	910	1/3	2,106	43.19	114.84	50	250
12	978	320	1/3	535	59.71	136.47	60	250	33	2,830	971	1/3	1,819	53.4	114.93	60	250
13	1,407	299	1/4	498	59.97	201.48	60	220	34	999	418	1/3	1,200	34.79	73.98	60	250
14	2,334	605	1/4	1,243	48.71	140.55	60	250	35	3,116	1,251	1/3	4,473	27.96	46.9	60	230
15	5,130	699	2/6	1,008	69.4	351.3	70	900	36	4,745	1,716	5	3,285	52.27	81.63	60	250
16	2,936	899	1/4	1,580	56.88	145.06	60	200	37	5,735	629	3/7	1,260	49.92	248.67	50	250
17	2,328	527	1/4	1,306	40.32	155.54	60	250	38	5,276	1,253	1/5	2,553	54.21	132.29	60	220
18	4,701	975	2/4	1,807	53.94	157.14	60	300	39	1,833	413	2/4	694	59.47	151.64	60	200
19	2,579	447	2/5	989	45.23	173.88	60	250	40	6,013	2,045	2/4	5,597	36.53	66.52	50	80
20	2,317	1,072	1/4	2,714	60.0	300	60	400	41	2,186	648	1/4	1,150	59.26	150.13	60	220
21	2,026	332	1/5	604	56.65	259.2	60	400	Average	2,840	823	1.2/3.8	2,323	46.0	131.32		

*GFA: gross floor area, **BA: building area, ***B/F: basement/floors, ****SA: site area, *****BCR: building coverage ratio, *****FAR: floor area ratio

다 크며, 건축면적 또한 전체 평균인 823m²를 초과한다. 두 사례는 자연녹지지역 및 제1종 지구단위계획구역에 해당하여 법정 건폐율이 20% 이하로 적용되었으나, 대지면적이 크기 때문에 평균 이상의 건축면적을 확보하면서도 법정 건폐율 기준을 충족한 것으로 확인되었다. 이와 같은 건폐율의 차이는 건축면적뿐만 아니라 대지 규모, 용도지역 및 지구단위계획에 따른 규제 조건 등이 함께 작용한 결과로 해석된다. 특히 대지면적이 상대적으로 작은 경우에는 제한된 공간을 효율적으로 활용하기 위해 지하층을 활용하거나 건물을 높게 구성하는 경향이 나타났으며, 대지면적이 큰 경우에는 넓은 대지 여건을 활용하여 지층형 배치와 수평으로 확장하는 매스 구성이 나타났다.

Table 3.은 행정복지센터 설계공모 당선안 41개 사례의 대지 형태와 건물 매스를 간략한 형태로 정리한 것이다. 분석 대상의 대지는 비교적 단순하고 정형적인 형태부터 대지경계선의 일부가 기울어지거나 대지 내부에 오목부가 형성된 비정형 대지까지 다양하게 분포하였다. 건물 매스 역시 대지의 형태와 규모, 건축가능영역 등의 조건에 따라 서로 다른 형태와 구성 방식을 보였다. 정형 대지에서는 특정한 매스 형태에 집중되지 않고, 단순한 형태부터 내부에 중정이 포함된 형태까지 다양한 매스 구성이 확인되었다. 반면 비정형 대지에서는 불규칙한 대지 경계에 대응하여 매스가 굴곡지거나 비정형적으로 구성되는 경향을 보였다. 또한 동일한 대지 유형으로 분류된 경우에도 대지경계선의 기울기, 장단변비, 오목부의 위치, 진입도로의 위치 및 주변 환경 등 세부 조건에 따라 매스의 형태와 구성에 차이가 발생하였다. 이는 대지의 세부적인 대지 조건이 건물 매스 구성에 영향을 미치는 주요 계획 요소임을 의미한다.

또한 분석 대상에서는 두 개 이상의 매스가 서로 연결되지 않고 독립적으로 배치된 사례는 확인되지 않았으며, 대부분의 사례가 하나의 단일 매스로 구성되거나 여러 부분의 매스가 서로 연결된 일체형 구성으로 나타났다. 따라서 설계공모 당선안의 건물 매스는 대지의 외곽 형태에 의해 단순히 배치된 결과라기보다 대지 규모와 경계 조건, 건축가능영역의 범위 등을 종합적으로 고려하여 계획된 결과로 해석된다.

3. 대지 형태에 따른 매스 생성과 에너지 분석 체계 구성

3.1. Generative Design을 위한 대지 형태 및 설계 조건

Table 4.는 대지 형태를 구분하기 위한 기준을 정리한 것이다. 본 연구에서는 대지의 장단변비, 대지경계선의 편차각 및 오목부 면적 비율을 기준으로 대지 형태를 (a) 정방형, (b) 장방형, (c) 사다리꼴, (d) L자형의 4가지로 구분한다. 이 중 정방형과 장방형은 장단변비를 기준으로 구분하며, 장단변비가 1:1.2 이하인 경우 정방형, 1:1.2를 초과하는 경우 장방형으로 분류한다. 이는 실제 대지에서 장단변비가 정확히 1:1인 정방형 대지가 존재하기 어려운 점을 고려한 것이다. 또한 장방형은 일부 경계선에 경미한 돌출부 또는 오목부가 있더라도 전체 형상이 직사각형에 가깝고 장단변비 기준을 만족하면 장방형으로 분류한다.

사다리꼴은 대지경계선 중 한 변 이상이 기준 편차각(θ) 이상 기울어진 경우로 구분한다. 이를 통해 대지경계선의 미세한 오차를 제외하고, 형태의 왜곡이 명확하게 나타나는 대지를 사다리꼴로 분류

Table 3. Winning entries from design competitions

Site shape and building mass					
Case no.	Site shape	Simplified massing	Case no.	Site shape	Simplified massing
1	(a)		22	(c)	
2	(a)		23	(c)	
3	(a)		24	(c)	
4	(a)		25	(c)	
5	(a)		26	(c)	
6	(a)		27	(c)	
7	(a)		28	(c)	
8	(b)		29	(c)	
9	(b)		30	(c)	
10	(b)		31	(c)	
11	(b)		32	(c)	
12	(b)		33	(c)	
13	(b)		34	(c)	
14	(b)		35	(c)	
15	(b)		36	(c)	
16	(b)		37	(d)	
17	(b)		38	(d)	
18	(b)		39	(d)	
19	(b)		40	(d)	
20	(b)		41	(d)	
21	(b)		*(a) Square, (b) Rectangular, (c) Trapezoidal, (d) L-shaped		

Table 4. Site shape classification criteria

Site Shape	Criteria
(a) Square	$AR \leq 1.2$
(b) Rectangular	$AR > 1.2$
(c) Trapezoidal	$\theta \geq 10^\circ$
(d) L-shaped	$IA \geq 20\%$

*AR: aspect ratio, ** θ : deviation angle, ***IA: indentation area ratio

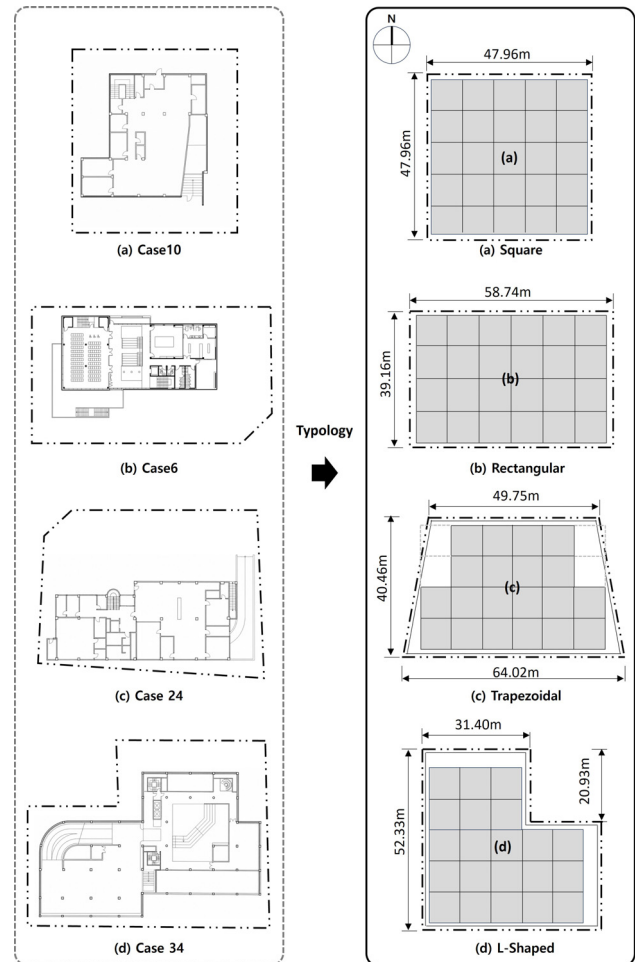


Fig. 2. Site shapes and grid configuration

한다. L자형은 대지 내부 방향으로 형성된 오목부가 존재하고, 오목부의 면적 비율이 전체 대지면적의 20% 이상인 경우로 구분한다. 이는 경미한 오목부가 있는 정방형 또는 장방형 대지가 L자형으로 분류되는 것을 방지하고, 형태적 특성이 뚜렷하게 나타나는 대지만을 L자형으로 분류하기 위한 것이다. 또한 L자형은 대지의 방향성을 고려하지 않으며, 형태적 특성이 동일한 경우 회전 또는 반전된 형태를 포함하여 동일한 유형으로 분류한다. 실제 대상지의 방위는 대지 별로 다양하게 나타나지만, 본 연구에서는 대지 형태 간 비교 가능성을 확보하기 위해 모든 대지 유형을 북측 기준으로 정렬하여 분석한다. 이에 따라 4가지 대지 형태는 동일한 기준의 방향에서 매스 생성이 가능하도록 설정한다.

본 연구의 에너지 분석을 위해 유형화한 대지 형태와 규모는 Fig. 2와 같다. 대지 형태는 설계공모 당선안 분석을 통해 대표 형태를 적용하였으며, 대지면적은 사례분석에서 도출된 평균 대지면적

2,323m²를 기준으로 비교 조건을 단순화하기 위해 2,300m²로 설정한다. 각 대지에는 동일한 크기의 Cell을 적용하여 Grid를 구성한다. 각 대지면적은 동일하게 설정하였으나 대지 형태가 서로 다르기 때문에 대지 형태에 따라 Grid 배열은 5×5 또는 6×4와 같이 다르게 구성된다. 이때 모든 Cell의 크기는 동일하게 유지되지만, 대지 형태별 전체 Cell의 개수는 다르다. 즉 동일한 Cell 크기를 적용하더라도 대지 형태에 따라 Grid 배열과 전체 Cell 개수에는 차이가 발생한다. 이러한 차이는 시뮬레이션 조건에 반영한다.

Table 5.는 본 연구에 적용된 대지 조건, Grid 설정 및 건물 규모를 정리한 것이다. 대지경계선으로부터 이격거리는 대지별 도로 위치 및 인접 조건이 서로 다른 실제 대지 상황을 고려하여 대지 형태별 비교 조건을 동일하게 설정하기 위해 1m로 통일한다. Grid는 건물 매스 생성 및 배치를 위한 기본 단위로 활용되며, 건축면적은 점유된 Cell의 개수를 기준으로 산정한다. 또한 사례분석 결과 평균 층수는 지하 1.2층, 지상 3.8층이다. 그러나 본 연구에서 지하층은 고려하지 않으며, 층수는 정수이어야 함에 지상 4층을 적용하여 연면적을 산정한다.

대지 형태에 따른 영향을 동일한 조건에서 비교하기 위해 모든 대지의 1층 건축면적을 구성하는 점유 Cell 개수는 16개로 설정한다. 사례분석 결과 자연녹지지역 등 일부 특정 용도지역을 제외한 대부분 대지에는 60% 수준의 법정 건폐율이 적용되었다. 이에 가장 근접한 조건인 점유 Cell 16개의 약 58.75%의 건폐율로 적용한다. 이는

Table 5. Site and building information

Division		Value	
Site	Site area	2,300m ²	
	Total number of cells	(a) Square	25
		(b) Rectangular	24
		(c) Trapezoidal	20
		(d) L-shaped	21
	Cell size	9.19m×9.19m (84.46m ²)	
Building	Gross floor area	5,405.19 (m ²)	
	Building area	1,351.30m ² (16 Cell)	
	Slab to slab height	4.0m	
	Number of floor	4 (16m)	

사례에서 확인된 법정 건폐율 수준을 고려하여 연구 조건을 설정하고, 매스 생성의 다양성을 확보하기 위한 것이다. 점유 Cell의 개수가 지나치게 많을 경우 대지 내 배치 가능한 공간이 감소하여 매스 생성이 제한될 수 있으며, 반대로 지나치게 적을 경우 생성 가능한 매스의 규모와 형태가 제한될 수 있다. 따라서 사례분석에서 확인된 건폐율과 매스 생성의 다양성을 고려하여 점유 Cell의 개수를 결정하였다. 이에 따라 모든 대지 유형에서 동일한 건축면적과 연면적이 적용되어 대지 형태에 따른 건물 매스를 생성한다.

3.2. Generative Design 기반 에너지 분석 알고리즘 구성 및 시뮬레이션 설정

Fig. 3.은 본 연구에서 구성한 Generative Design 기반 에너지 분석 알고리즘 전체 프로세스를 나타낸 것이다. 알고리즘은 크게 Generative Design과 에너지 시뮬레이션 단계로 구성되며, 매스 생성과 에너지 성능 분석이 진행된다. Generative Design 단계에서는 Table 5.의 모델링 조건을 적용하여 Rhino와 Grasshopper 기반의 모델링을 수행한다. 대지 조건과 Grid 설정을 바탕으로 건물 매스를 생성하고, 매스가 건축가능영역을 벗어나지 않도록 제한조건을 설정한다. 이 과정에서 대지 형태별 건축가능영역과 Grid 조건을 입력값으로 설정하고, 설정된 조건을 만족하는 매스 대안을 반복적으로 생성한다. 이를 통해 총 2,000개의 매스가 생성된다.

에너지 시뮬레이션 단계에서는 생성된 매스를 Ladybug Tools의 Ladybug와 Honeybee를 활용하여 시뮬레이션 환경을 구축한다. Ladybug Tools는 EPW (EnergyPlus Weather) 데이터를 기반으로 EnergyPlus 엔진을 활용한 에너지 시뮬레이션 환경을 제공한다. 대상지의 위치는 서울특별시로 설정하고, 건물 용도는 업무시설로 적용한다. 창면적비와 외피 열관류율은 「건축물의 에너지절약설계기준」[별표 1]의 기준을 충족하도록 설정한다[15]. 설비 및 운영 조건은 Table 6.의 설정값을 적용하며, EnergyPlus의 Medium Office 기준에 따라 채실자 밀도, 조명 밀도, 기기발열 및 운전 스케줄을 설정한다. 생성된 매스는 Honeybee를 통해 에너지 해석이 가능한 건물 모델로 변환되며, 각 모델에 동일한 해석 조건을 적용하여 매스 형태에 따른 EUI 산출한다.

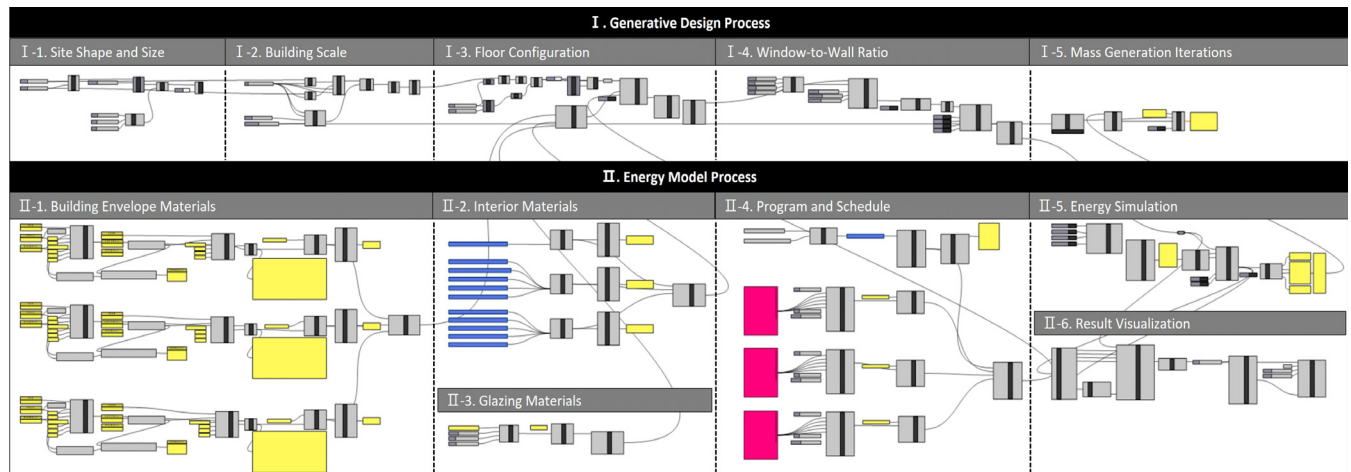


Fig. 3. Grasshopper implementation overview

Table 6. Simulation input conditions

Division		Condition
Building	Location	Seoul
	Building type	Office building
	WWR	50%
	U-value	Exterior wall 0.24W/m ² ·K
		Exterior roof 0.15W/m ² ·K
		Exterior floor 0.2W/m ² ·K
	Window construction	U-value 1.5W/m ² ·K
		SHGC 0.4
		Visible light transmission 0.4
Operational conditions	Program	Medium office-open office
	Occupant density	0.057 people/m ²
	Lighting power density	6.6W/m ²
	Equipment power density	10.3W/m ²
	Operation time	07:00~20:00

본 연구에서는 대지 형태별 생성 매스의 에너지 특성을 비교하기 위해 건물 규모, 재실 조건 및 외피 성능 등 에너지 성능에 영향을 미치는 주요 조건은 동일하게 설정하였다. 생성된 매스는 동일한 에너지 시뮬레이션 조건에서 EUI를 산출하고, 결과를 이미지와 데이터 형태로 저장한다. 이후 산출된 결과를 바탕으로 대지 형태별 생성된 매스의 에너지 특성을 비교·분석한다.

4. 대지 형태에 따른 매스 생성 및 EUI 비교·분석

4.1. 대지 형태에 따른 매스 생성 및 유형 분류

본 연구에서는 생성된 매스를 체계적으로 분류하기 위해 선행연구의 매스 유형 분류 기준을 검토하였다. Ozlem Kahraman et al.은 정방형과 장방형 등 단순한 형태를 집약형(Compact Type)으로 분류하였으며, 이정민 외는 2면 이상이 건축물로 둘러싸인 외부공간을 중정으로 정의하였다[16,17]. 또한 Adnan Alanzi et al.은 건물의 형태적 특성에 따라 L자형, T자형 및 U자형 등으로 유형화하였다[18]. 이를 바탕으로 본 연구에서는 대표 매스를 집약형, 중정형 및 복합형의 세 가지 유형으로 분류하였다. 집약형은 내부에 중정이 없고 하나의 단순한 형태로 구성된 매스를 의미한다. 본 연구에서는 정방형 매스를 집약형의 대표 유형으로 구분하였다. 장방형 매스는 설정된 점유 Cell의 수와 Grid 구성 조건에서 독립된 대표 형태로 생성되지 않아 별도의 유형으로 분류하지 않았다.

중정형은 건물의 두 면 이상으로 둘러싸인 외부공간이 형성된 매스를 의미하며, 평면 형태에 따라 L자형, U자형 및 T자형으로 구분하였다. 또한 같은 유형에서도 매스가 결합되는 위치와 방향에 차이가 있어 세부 구성 방식에 따라 a와 b로 구분하였다. 복합형은 두 개 이상의 기본 형태가 결합된 매스를 의미한다. 다양한 결합 형태 가운데 분석 범위의 일관성을 유지하기 위해 정방형끼리 결합된 형태와 장방형끼리 결합된 형태를 대표 유형으로 선정하였다.

본 연구에서는 총 2,000개의 건물 매스가 생성되었다. 이 중 동일한 평면 형태가 대지 내 위치만 달리하여 생성되거나 동일한 위치에서 반복 생성된 1,485개를 중복 매스로 분류하여 제외하였다. 이를 제외한 515개 가운데 유형 분류 기준에 부합하는 33개를 대표 매스

Table 7. Excluded massing types

Massing types	I	II	III	Count	Total
Courtyard	L			168	482
	U			16	
	T			95	
Composite mass				203	

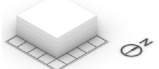
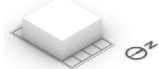
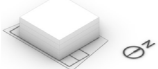
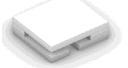
로 선정하였으며, 나머지 482개는 유형 분류 대상에서 제외하였다. 제외된 매스의 유형 분류 기준은 Table 7.에 정리하였다. I. 매스 중앙에 4면으로 둘러싸인 중정이 형성된 경우, II. 하나의 매스 안에 3개 이상의 중정이 형성된 경우, III. 집약형, 중정형 및 복합형의 기준으로 명확하게 구분되지 않는 경우이다. 이러한 매스는 중정의 위치와 개수, 주변 매스의 구성 방식 등에 따라 조합이 다양하게 나타나므로 본 연구에서 설정한 대표 매스 유형으로 명확하게 분류하기 어렵기에 분류 대상에서 제외하였다.

Table 8.은 유형 분류 대상으로 선정한 33개의 대표 매스와 대지 형태별 생성 여부 그리고 설계공모 당선안에서 확인된 유사 매스 유형을 함께 정리한 것이다. 대표 매스는 Cell 조합 방식에 따라 동일한 매스 유형 내에서도 회전 및 반전된 형태로 생성되므로 각 매스를 구분하기 위해 (1)~(4)의 번호를 부여하였다. 설계공모 당선안은 실제 대지 형태, 도로 조건, 진입 방향 및 계획 의도에 따라 형성된 매스이며, 본 연구에서는 이를 대표 매스 유형과 비교하기 위한 참고 사례로 활용하였다. 반면 Generative Design에서는 대지 형태별 건축가능영역 안에서 Cell이 조합되며 매스가 생성된다. 대지 형태별 생성 결과를 검토한 결과 정방형 대지에서는 33개 유형이 모두 생성되었으며, 장방형 대지에서는 17개, 사다리꼴 6개, L자형 대지에서는 8개의 건물 매스가 생성되었다.

설계공모 당선안과 대표 매스 유형을 비교한 결과 실제 사례에서도 정방형, L자형, U자형 및 T자형 매스와 유사한 구성이 확인되었다. 정방형 및 장방형 대지에서는 다양한 대표 매스 유형과 대응되는 사례가 비교적 고르게 나타났다. 반면 사다리꼴 및 L자형 대지에서는 이와 유사한 매스 구성이 제한적으로 나타났다. 이는 비정형 대지의 경우 대지경계선의 기울기나 오목부의 위치와 같은 세부 조건에 따라 매스 구성에 제약이 발생하기 때문이다.

Table 9.는 대지 형태에 따른 건축가능영역과 Grid Cell 구성 및 면적을 정리한 것이다. 본 연구에서는 모든 대지의 면적을 2,300m²로 동일하게 설정하였으며, 1m의 이격거리를 적용한 결과 건축가능영역은 정방형 대지 2,112m², 장방형 대지 2,108m², 사다리꼴 대지 2,111m², L자형 대지 2,095m²로 산정되었다. 동일한 대지면적과 이격거리를 동일하게 적용하였음에도 대지 형태 및 경계선 구성의 차

Table 8. Mass typology according to site shape

Site shape Massing types		(a) Square				(b) Rectangular		(c) Trapezoidal		(d) L-shaped		
Compact	Square											
Courtyard	L-a	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(2) 	(4) 	(2) 				(2) 
	L-b	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(1) 	(3) 	(3) 		(2) 		
	U-a	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(2) 	(4) 			(2) 		
	U-b	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(2) 	(4) 					(1) 
	T-a	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(2) 	(4) 	(2) 				
	T-b	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(1) 	(3) 			(1) 	(2) 	
Composite mass	S+S*	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(2) 	(4) 					(1) 
	R+R**	(1) 	(2) 	(3) 	(4) 	(2) 	(4) 	(2) 	(4) 			
Total mass count		33				17		6		8		
Site shape Massing types		Case no.	(a) Square				Case no.	(b) Rectangular	Case no.	(c) Trapezoidal	Case no.	(d) L-shaped
Compact	Square	1					19		33		-	
Courtyard	L	7					13		35		41	
	U	6					18		27		39	
	T	5					14		-		-	
Composite Mass	R+R	4					17		-			

*S+S: square+square, **R+R: rectangle+rectangle

이로 건축가능영역 면적은 서로 상이하다. Generative Design에 적용한 Cell 1개의 면적은 모든 대지에서 84.46m²로 동일하지만, 건축가능영역 내에 배치할 수 있는 Cell의 개수는 정방형 대지 25개, 장방형 대지 24개, 사다리꼴 대지 20개, L자형 대지 21개로 구분되었다. 이에 따른 Grid Cell 적용 면적은 정방형 대지 2,112m², 장방형 대지 2,027m², 사다리꼴 대지 1,689m², L자형 대지 1,774m²로 산정되었다. 특히 경계선이 기울어진 사다리꼴 대지와 내부에 오목부가 형성된 L자형 대지는 건축가능영역 전체를 정형 Cell로 구성하기 어려워 적용 가능한 Grid Cell 구성이 제한되었다.

Table 9. Buildable area for mass generation by site shape

Site shape	(a) Square	(b) Rectangular	(c) Trapezoidal	(d) L-shaped
SA	2,300(m ²)			
BSL*	2,112(m ²)	2,108(m ²)	2,111(m ²)	2,095(m ²)
BGA**	84.46×25 =2,112(m ²)	84.46×24 =2,027(m ²)	84.46×20 =1,689(m ²)	84.46×21 =1,774(m ²)

*BSL: building setback line, **Buildable grid area

이상의 결과를 통해 동일한 대지면적, Cell 면적 및 점유 Cell 개수를 적용하더라도 대지 형태에 따라 건축가능영역과 Grid 배열이 달라지며, 이에 따라 생성 가능한 매스 유형과 개수에도 차이가 있음을 확인하였다. 정방형 대지는 정형적인 Grid 구성이 가능하여 33개의 매스 유형을 생성할 수 있었던 반면 사다리꼴 대지와 L자형 대지는 기울어진 경계와 오목부로 인해 Grid 구성이 제한되고, 이에 따라 생성 가능한 매스 유형에도 차이가 발생하는 것으로 판단된다. 다만 이러한 결과는 대표 매스 유형을 33개로 한정하고, 9.19m×9.19m 크기의 Cell을 적용한 조건에서 도출된 것으로 Cell 크기와 점유 Cell 개수 설정에 따라 생성 가능한 매스 유형과 조합 수는 달라진다.

4.2. 매스 유형별 EUI 비교·분석

본 연구에서는 4개의 대지 형태 중 정방형 대지를 대상으로 EUI를 비교·분석하였다. 정방형 대지에서는 33개의 매스가 생성되어 4개의 대지 형태 중 가장 많은 생성 결과를 보였기 때문이다. Table 10.은 Table 8.에서 (1)~(4)의 번호로 구분한 정방형 대지 33개 매스에 대한 EUI 결과를 정리한 것이며, Fig. 4.는 33개 매스의 유형별 평균 EUI와 전체 평균 EUI를 비교하여 나타낸 것이다. 에너지 시뮬레이션은 주변 건물에 의한 음영 및 외부 환경 요인을 고려하지 않은 조건에서 수행하였다. 따라서 동일한 매스 형태가 동일한 향을 유지하는 경우 대지 내 위치 변화에 따른 EUI 차이는 나타나지 않는다. 반면 동일한 매스 형태라도 회전 또는 반전에 의해 향이 달라지면 각 입면의 일사 조건이 변화하여 냉방 및 난방 EUI에 차이가 발생한다.

냉방 EUI 분석 결과 정방형 매스가 79.66kWh/m²로 가장 낮은 값을 보인 반면 L-a-(3)은 83.89kWh/m²로 가장 높은 값을 보였다. 이는 전체 평균 81.78kWh/m² 대비 2.58% 높은 값이다. 유형별 평균 값에서는 중정형 중 U-b형이 82.78kWh/m²로 전체 평균 보다 1.22% 높은 값을 보였다. 난방 EUI 분석 결과 T-b-(4)는 20.46kWh/m²로 가장 높은 값을 보였다. 이는 전체 평균 18.88kWh/m²보다 8.37% 높은 값이다. 또한 정방형 매스가 17.20kWh/m²로 가장 낮은 난방 EUI를 보였다. 유형별 평균에서는 중정형 중 U-a형이 19.98kWh/m²로 전체 평균 보다 5.83% 높았다. 합계 EUI에서는 U-b-(1) 유형이 103.87kWh/m²로 가장 높은 값을 보였으며, 전체 평균인 100.65 kWh/m²보다 3.20% 높았다. 반면 정방형 매스는 96.86kWh/m²로 가장 낮았으며, 전체 평균보다 3.76% 낮았다. 최대값과 최소값의 차이는 7.01kWh/m²로 나타났다.

이러한 결과로 볼 때, 동일한 규모와 장단변비를 갖는 매스라도 향에 따라 EUI 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 예를들어 L-a형의 경우 매스가 (1)과 (3)은 남북 방향으로 길게 생성되고, (2)와 (4)는 동서 방향으로 길게 생성된다. 이때 동서 방향으로 긴 매스가 남북 방향의 긴 매스보다 낮은 EUI를 보였다. 이는 동일한 매스라 하더라도 향에 따라 각 입면이 받는 일사 조건이 달라지기 때문이다. 이와 같은 결과는 정선철 외의 연구와 유사하다. 선행연구에서는 동일한 장단변비를 갖는 매스에서도 동서 방향보다 남북 방향으로 긴 매스의 에너지 요구량이 높게 나타나는 것으로 확인되었다[19]. 본 연구에서도 동일한 매스 형태와 장단변비를 갖는 경우 향과 세부 구성 방식에 따라 EUI에 차이가 나타나 선행연구와 유사한 경향을 확인하였다.

Table 10. EUI simulation results for square site

Division	Massing types	EUI (kWh/m ²)			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Cooling	Square	79.66			
	L-a	83.35	80.35	83.89	80.36
	L-b	80.26	83.58	80.36	82.78
	U-a	83.51	82.03	82.90	82.47
	U-b	83.68	82.41	82.70	82.34
	T-a	83.07	79.95	82.77	80.07
	T-b	79.81	82.60	79.79	83.04
	S+S	82.68	79.94	82.95	79.79
	R+R	82.56	80.29	82.85	79.90
Heating	Square	17.20			
	L-a	18.35	18.44	18.60	18.26
	L-b	18.04	18.76	18.26	18.57
	U-a	19.97	20.02	20.11	19.81
	U-b	20.20	19.89	20.10	19.66
	T-a	18.69	18.53	18.72	18.25
	T-b	18.37	18.86	18.39	20.46
	S+S	18.84	18.25	18.59	18.52
	R+R	18.85	18.27	18.57	18.52
Total	Square	96.86			
	L-a	101.70	98.79	102.48	98.61
	L-b	98.30	102.34	98.61	101.36
	U-a	103.48	102.05	103.00	102.28
	U-b	103.87	102.30	102.81	102.01
	T-a	101.76	98.48	101.48	98.32
	T-b	98.18	101.46	98.18	103.50
	S+S	101.52	98.19	101.54	98.30
	R+R	101.41	98.57	101.42	98.41

*Minimum EUI: light blue, **Maximum EUI: light coral

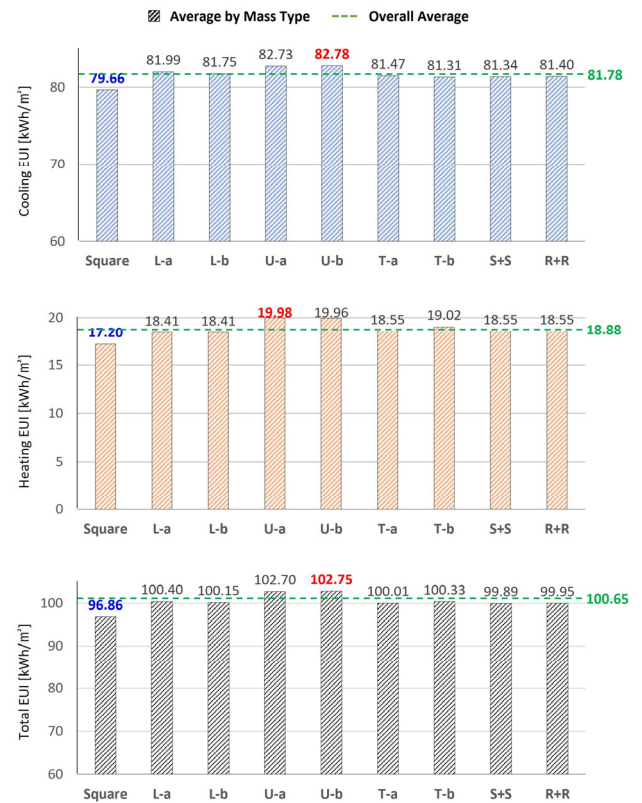


Fig. 4. EUI results by massing type

Table 11. Masses with minimum and maximum EUI by site shape

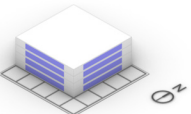
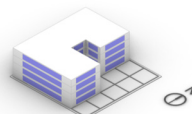
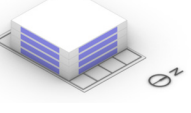
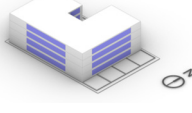
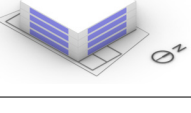
Site Shape	Minimum	Maximum
(a) Square		
Total EUI (kWh/m ²)	96.86	103.87
(b) Rectangular		
Total EUI (kWh/m ²)	96.86	102.30
(c) Trapezoidal		
Total EUI (kWh/m ²)	96.86	98.79
(d) L-shaped		
Total EUI (kWh/m ²)	98.18	103.87

Table 11.은 대지 형태별로 생성 가능한 매스 중 합계 EUI가 가장 낮은 매스와 가장 높은 매스를 정리한 것이다. 분석 결과 정방형 매스는 정방형, 장방형 및 사다리꼴 대지에서 생성되었다. 따라서 세 대지에서 가장 낮은 합계 EUI를 갖는 건물 매스는 정방형이다. 반면 L자형 대지에서는 정방형 매스를 생성할 수 없어 생성 가능한 매스 유형 중 T-b-(1)이 가장 낮은 합계 EUI를 가진다. 합계 EUI가 가장 높은 매스 유형은 대지 형태에 따라 다르게 나타났다. 정방형 대지와 L자형 대지에서는 U-b-(1), 장방형 대지에서는 U-b-(2), 사다리꼴 대지에서는 L-a-(2)가 가장 높은 합계 EUI를 보였다. 특히 U자형 매스는 냉방 및 난방 그리고 합계 EUI 모두 상대적으로 높은 값을 가지는 경향을 보였다. 또한 동일한 U자형 매스에서도 세부 구성 방식과 배치 방향에 따라 EUI 차이가 나타났다. 반면 정방형 매스는 단순하고 집약적인 형태로 구성되어 생성 가능한 대지에서 가장 낮은 합계 EUI를 가지는 것으로 확인된다.

5. 결론

본 연구는 건축계획 단계에서 Generative Design 기법을 활용하여 대지 형태에 따른 다양한 건물 매스를 생성하고, 이를 유형별로 분류한 후 생성된 매스의 EUI를 비교·분석하여 매스 유형별 에너지 특성을 검토하였다. 이를 통해 건축계획 초기 단계에서 매스 계획과 에너지 특성 분석을 연계한 Generative Design 기반 통합 설계 지원 프로세스를 제시하고자 하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 대지 조건과 법적 규제 조건을 반영한 Generative Design 기반 매스 생성 체계를 구성하였다. 건축계획 단계에서는 대지 형태, 건폐율, 용적률, 도로 조건에 따른 대지경계선과 이격거리 및 높이 제한 등 다양한 계획 조건을 검토해야 한다. 본 연구에서는 이러한 계획 조건을 알고리즘의 제한요소로 설정하여 매스 생성 과정에 반영하였다. 이에 따라 동일한 계획 및 법적 규제 조건을 다수의 매스 대안에 일관되게 적용할 수 있었다. 이는 Generative Design이 건축계획 초기 단계에서 조건에 부합하는 다양한 매스 대안을 생성하고 비교하는 방법으로 활용될 수 있음을 보여준다.

둘째, 동일한 대지면적, Cell 면적 및 점유 Cell 수를 적용하더라도 대지 형태에 따라 건축가능영역과 Grid Cell 배열에 차이가 발생하였으며, 이에 따라 생성 가능한 매스 유형과 개수도 달라졌다. 이는 대지 형태가 단순한 외곽 조건이 아니라 매스의 배치와 형태 구성을 결정하는 주요 계획 요소임을 의미한다. 설계공모 당선안에서는 대지의 여건과 지역적 특성 및 공간 구성 등을 종합적으로 고려해야 하므로 대지 형태를 제한조건뿐만 아니라 매스 구성과 공간 형성을 유도하는 요소로 검토할 필요가 있다. 또한 층별 Cell 점유 방식과 매스 구성 조건을 다르게 적용하면 저층부와 상층부의 형태를 차별화하거나 대지 형태에 대응하는 층별 공간 구성이 가능하다. 따라서 대지 형태를 반영한 매스 생성 방식은 대지 조건과 계획 의도에 적합한 대안을 검토하는 데 활용될 수 있다.

셋째, 매스 생성 과정과 에너지 시뮬레이션을 연계하여 매스 유형별 에너지 특성을 검토하였다. 생성된 매스를 대상으로 냉난방 EUI 및 합계 EUI를 산출한 결과 매스 유형과 향에 따라 에너지 성능에 차이가 발생하였다. 특히 일부 매스 유형은 전체 평균보다 높은 EUI를 보여 계획 초기 단계에서 우선적으로 검토해야 할 대안으로 구분되었다. 또한 동일한 대지 조건에서 매스의 형태, 향, 장단변비 및 세부 구성 방식에 따라 EUI가 달랐다. 이를 통해 설계자는 매스 계획과 에너지 성능을 함께 비교하여 다양한 대안을 검토할 수 있으며, 에너지 시뮬레이션과 연계한 매스 생성 방식은 건축계획 초기 단계에서 에너지 특성을 고려한 설계 의사결정을 지원할 수 있다.

본 연구의 한계는 Generative Design의 제한조건 설정 범위에 따라 생성되는 대안의 수와 시뮬레이션 시간이 달라진다는 점이다. 제한조건을 넓게 설정하면 생성되는 대안의 수가 증가하고, 세분화하면 알고리즘의 복잡성과 계산 시간이 증가하므로 연구 목적에 적합한 제한조건의 범위와 수준을 설정할 필요가 있다.

Acknowledgement

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 일반과제 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] 국토교통부, 건축서비스산업 진흥법, 법률 제21065호, 2026.01. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Act on the promotion of building service industry, Act No. 21065, 2026.01.)
- [2] S. Krish, A practical generative design method, Computer-Aided Design, 43(1), 2011.01, pp.88-100.

- [3] Y. Schwartz et al, A decision support tool for building design: An integrated generative design, optimisation and life cycle performance approach, *International Journal of Architectural Computing*, 19(3), 2021.03 pp.401-430.
- [4] E.T. Bailey, L. Caldas, Operative generative design using non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGA-II), *Automation in Construction*, 155, 2023.11.
- [5] L. Wang, P. Janssen, G. Ji, Optimization-based design exploration of building massing typologies—EvoMass and a typology-oriented computational design optimization method for early-stage performance-based building massing design, *Frontiers of Architectural Research*, 13(6), 2024.12, pp.1400-1422.
- [6] X. Feng, H. Zhang, S. Wei, Automation in architectural design: Optimization and decision-making in interference design, *Architectural Science Review*, 67(5), 2024.02, pp.415-436.
- [7] L. Chen, Y. Zhang, Y. Zheng, A performance-based generative design framework based on a design grammar for high-rise office towers during early design stage, *Frontiers of Architectural Research*, 14(1), 2025.02, pp.145-171.
- [8] A. Momenaei, A. Ardekani, S. Khaghani, Enhancing energy efficiency of high-rise buildings through generative design of balcony configurations, *Journal of Architectural Engineering*, 31(1), 2025.03.
- [9] 권주현, 장선철, 오준걸, Generative Design 기반 공공건축물 평면계획 자동화 알고리즘- 2020~2023년도 행정복지센터 현상설계를 중심으로 -, *KIEAE Journal*, 제25권 제6호, 2025.12, pp.45-52. // (J.H. Kwon, S.C. Jung, J.G. Oh, Automated floor plan design algorithm for public buildings using generative design- Focused on the design competitions of administrative welfare centers from 2020 to 2023 -, *KIEAE Journal*, 25(6), 2025.12, pp.45-52.)
- [10] Y.K. Yi, A.M. Malkawi, Site-specific optimal energy form generation based on hierarchical geometry relation, *Automation in Construction*, 26, 2012.10, pp.77-91.
- [11] 최정민, BIM 대지+매스 파라미터 패밀리를 이용한 건물 초기 설계단계에서의 에너지 성능평가 연구, *대한건축학회논문집*, 제29권 제7호, 2013.07, pp.273-280. // (J.M. Choi, A study on the building energy evaluation using land plus mass parameter family of building information modeling at the early design stage, *Architectural Institute of Korea*, 29(7), 2013.07, pp.273-280.)
- [12] H. Liu et al., Evaluating the impact of shading from surrounding buildings on heating/ cooling energy demands of different community forms, *Building and Environment*, 206, 2021.12.
- [13] S. Lee, S. Jung, S. Yoon, Analysis of the relationship between microclimate and building energy loads based on apartment complex layout types, *Climate*, 13(3), 2025.03.
- [14] 문하은, 오준걸, 최소 냉난방 부하량 도출을 위한 오피스 빌딩 배치 및 폭길이 설계 자동화, *KIEAE Journal*, 제25권 제3호, 2025.06, pp.91-98 // (H.E. Moon, J.G. Oh, Automation design for office building site planning and width-depth alternatives for minimal heating and cooling load, *KIEAE Journal*, 25(3), 2025.06, pp.91-98.)
- [15] 국토교통부, 건축물의 에너지절약설계기준 [별표1], 국토교통부고시 제2025-738호, 2025.12. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Energy saving design standards for buildings [Attached Form1], MOLIT Notification No. 2025-738, 2025.12.)
- [16] O. Kahraman, E. Koymen, The influence of building form compactness on energy efficiency in accommodation structures: The case of Türkiye, *Sakarya University Journal of Science*, 27(5), 2023.10, pp.1055-1078.
- [17] 이정민, 김국선, 우현용, 현대건축에서 나타나는 중정의 유형 변화에 관한 연구, *한국실내디자인학회논문집*, 제21권 제4호, 2012.08, pp.40-47. // (J.M. Lee, K.S. Kim, H.Y. Woo, A study on the typological alteration of the courtyard in modern architecture, *Journal of the Korean Institute of Interior Design*, 21(4), 2012.08, pp.40-47.)
- [18] A. Alanzi, D. Seo, M. Krarti, Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait, *Energy Conversion and Management*, 50(3), 2009.03. pp.822-828.
- [19] 장선철, 오준걸, ECO2를 활용한 업무시설의 규모와 장단변비에 따른 에너지 요구량 분석, *KIEAE Journal*, 제25권 제2호, 2025.04, pp.81-90. // (S.C. Jung, J.G. Oh, Analysis of energy demand based on office building scale and lateral to longitudinal ratio using ECO2, *KIEAE Journal*, 25(2), 2025.04, pp.81-90.)
- 1) 설계공모 당선안은 「설계경기(A&C)」 및 개별 지자체 홈페이지에 게시된 내용을 발췌하였음.
- (1) 가정1동 행정복지센터, 설계경기, 144호, 2020.08.
 - (2) 고등동 행정복지센터, 상동, 139호, 2019.10.
 - (3) 광영동 주민센터 및 주민자치센터, 상동, 133호, 2018.10.
 - (4) 마산동 행정복지센터, 상동, 143호, 2020.06.
 - (5) 범어3동 주민센터, 상동, 125호, 2017.06.
 - (6) 안양8동 주민센터, 상동, 130호, 2018.04.
 - (7) 순천시 조곡동 주민자치센터, 상동, 127호, 2017.10.
 - (8) 골약동 주민센터, 상동, 132호, 2018.08.
 - (9) 국우동 행정복지센터, 상동, 169호, 2024.10.
 - (10) 만수5동 행정복지센터, 상동, 144호, 2020.08.
 - (11) 김상면 행정복지센터, 상동, 146호, 2020.12.
 - (12) 내당1동 행정복지센터, 상동, 137호, 2019.06.
 - (13) 부곡2동 행정복지센터, 상동, 168호, 2024.08.
 - (14) 부평2동 행정복지센터, 상동, 134호, 2018.12.
 - (15) 부평4동 행정복지센터, 상동, 135호, 2019.02.
 - (16) 석남1동 행정복지센터, 상동, 162호, 2023.08.
 - (17) 아산시 온양5동 행정복지센터, 상동, 143호, 2020.06.
 - (18) 위례지구 주민센터, 상동, 123호, 2017.02.
 - (19) 평안동 행정복지센터, 상동, 175호, 2025.10.
 - (20) 전주시 덕진구 혁신동 주민센터, 상동, 142호, 2020.04.
 - (21) 주례2동 복합주민센터, 상동, 133호, 2018.10.
 - (22) 금천동 행정복지센터, 상동, 154호, 2022.04.
 - (23) 서울특별시, 중구청, 명동 주민센터 설계공모 당선작 (<https://www.junggu.seoul.kr>, 2026.08.04.)
 - (24) 법원읍 행정복지센터, 설계경기, 133호, 2018.10.
 - (25) 창원특례시청, 공공건축물 설계공모 당선작 현황, 석동 행정복지센터 건립공사 설계공모, (<https://www.changwon.go.kr>, 2026.08.04.)
 - (26) 석수3동 주민센터, 설계경기, 123호, 2017.02.
 - (27) 선원면 주민복합센터, 상동, 170호, 2024.12.
 - (28) 선학동 행정복지센터, 상동, 174호, 2025.08.
 - (29) 수영동 행정복지센터, 상동, 174호, 2025.08.
 - (30) 신동면 행정복지센터, 상동, 155호, 2022.06.
 - (31) 운정5동 행정복지센터, 상동, 169호, 2024.10.
 - (32) 월영동 주민센터, 상동, 132호, 2025.08.
 - (33) 중산2동 행정복지센터, 상동, 168호, 2024.08.
 - (34) 중앙동 행정복지센터, 상동, 169호, 2024.10.
 - (35) 초평동 주민센터, 상동, 128호, 2017.12.
 - (36) 개항동 행정복지센터, 상동, 165호, 2024.02.
 - (37) 서초4동 복합주민센터, 상동, 120호, 2016.08.
 - (38) 국토교통부, 건축행정시스템 세움터, 공공건축 설계공모 정보서비스, 일광면 행정복지센터 건립공사(<https://www.eais.go.kr>, 2026.08.04.)
 - (39) 정릉3동 주민센터 공용청사, 설계경기, 176호, 2025.12.
 - (40) 조라읍 행정복지센터, 상동, 140호, 2019.12.
 - (41) 학장동 행정복지센터, 상동, 163호, 2023.10.