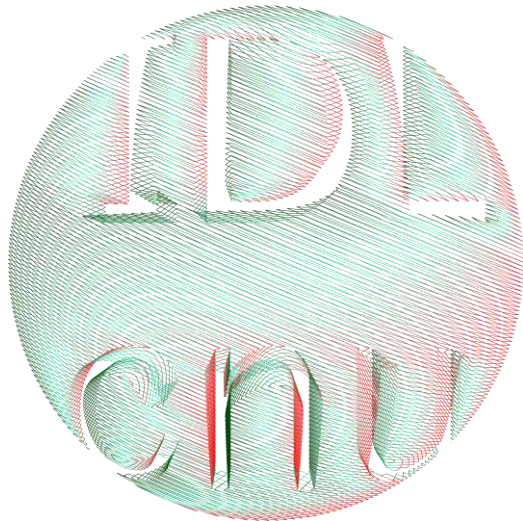
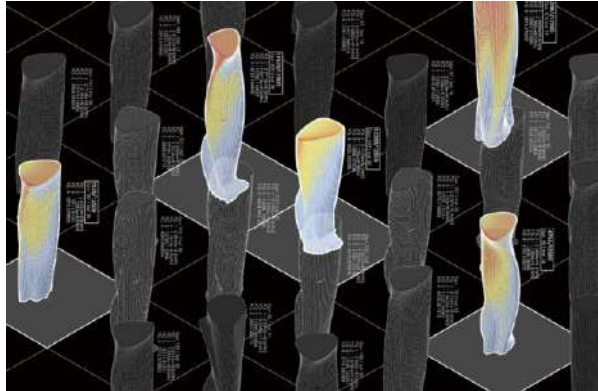


IDL (Integrated Design Lab)

통합설계연구실

김경식 교수님





1. 최적화(Optimization)

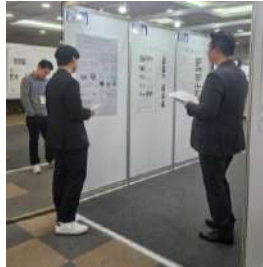
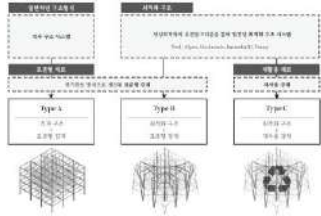
유전알고리즘을 활용한 건축물 형태 및 구조의 최적화 연구를 수행

친환경 분석과 구조분석 등을 통해 건축물을 분석하고 가장 최적의 설계안을 도출

2. 3D 콘크리트 프린팅 (3DCP) + 보강방식 연구

구조 최적화를 통해 도출한 형태를 3D 콘크리트 프린팅을 활용하여 실제 환경에서 구축하는 연구를 수행

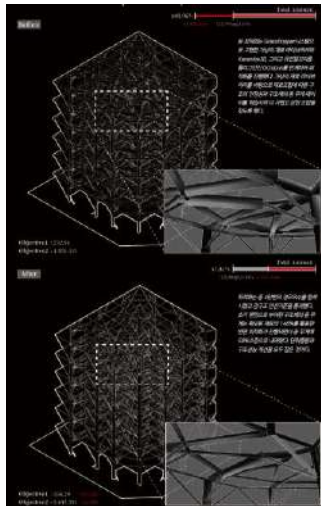
출력방향과 구조 보강 방식을 고려한 방법론 개발



3. 설계 프로젝트 진행

진행하는 연구와 친환경 분석, 파라메트릭 건축을 활용한 실제 설계 프로젝트 진행

주택, 문화시설, 인테리어 등 현상 설계 및 실제 건축 프로세스를 경험



“설계과정에서의 최적화 등 디지털 환경 뿐만 아니라 구축을 통합적으로 탐구”

김경식 교수님

전남대학교 건축학부 교수, 미국건축사(AIA)

주거, 상업, 교육, 연구 및 도시 설계에 이르기까지 다양한 스펙트럼의 프로젝트 경험을 가지고 있습니다. Adjaye Associates 뉴욕 오피스를 비롯하여 SOM 뉴욕, Diiller Scofidio+ Renfro 뉴욕, Ateliers Jean Nouvel 파리, William O'Brien Jr. 보스턴, 그리고 Mass Studies 서울 오피스에서 실무를 쌓았습니다.

미국 MIT 건축대학원과 서울 홍익대학교에서 건축학을 전공하였으며, 미국 건축사(뉴욕주)로 등록되어 있습니다.

*경력

2012.02	홍익대학교 (B.A, Architecture)
2016.02	MIT (M.Arch, Architecture)
2015.02	Ateliers Jean Nouvel
2016.04	SOM(뉴욕)
2019.05	Adjaye Associates(뉴욕)
2022.03	전남대학교

*수상이력

2024 Architecture MasterPrize Winner
2023 27th KISD Int'l Space Design Exhibition Outstanding Work Prize
2022 26th KISD Int'l Space Design Exhibition Outstanding Work Prize
2022 iF Design Awards Winner
2021 A'Design Awards Silver Winner
2020 Architecture MasterPrize Honorable Mention
The 48th Central Glass International Architectural Design Competition_2nd Place
The 9th AC-CA International Architectural Competition_Honorable Mention
The 28th Space Prize for International Student of Architectural Design
MIT School of Architecture and Planning Fellowship
School of Architecture Hongik University Graduate Excellent Award

김윤기 (Kim Yungi)

*학력

2018.03 ~ 2025.02	전남대학교 건축·도시설계전공 졸업
2022.12 ~ 현재	IDL연구실 합류
2025.03 ~ 현재	전남대학교 건축대학원 재학중

*수상이력

2024.09	졸업작품전 우수상
2024.10	2024 학생작품전 우수상
2025.10	디지털건축대전 입선
2026.06	제10회 근대 도시건축 디자인 공모전 특선

이보승 (Lee Boseung)

*학력

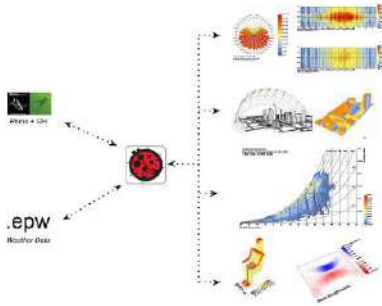
2018.03 ~ 2025.02	전남대학교 건축·도시설계전공 졸업
2022.10 ~ 현재	IDL연구실 합류
2025.03 ~ 현재	전남대학교 건축대학원 재학중

*수상이력

2023.09	제6회 광주건축대전 장려상
2024.10	2024 한국건축문화대상 최우수상
2025.10	디지털건축대전 입선

주요 연구 및 작업

최적화(Optimization)



(a)



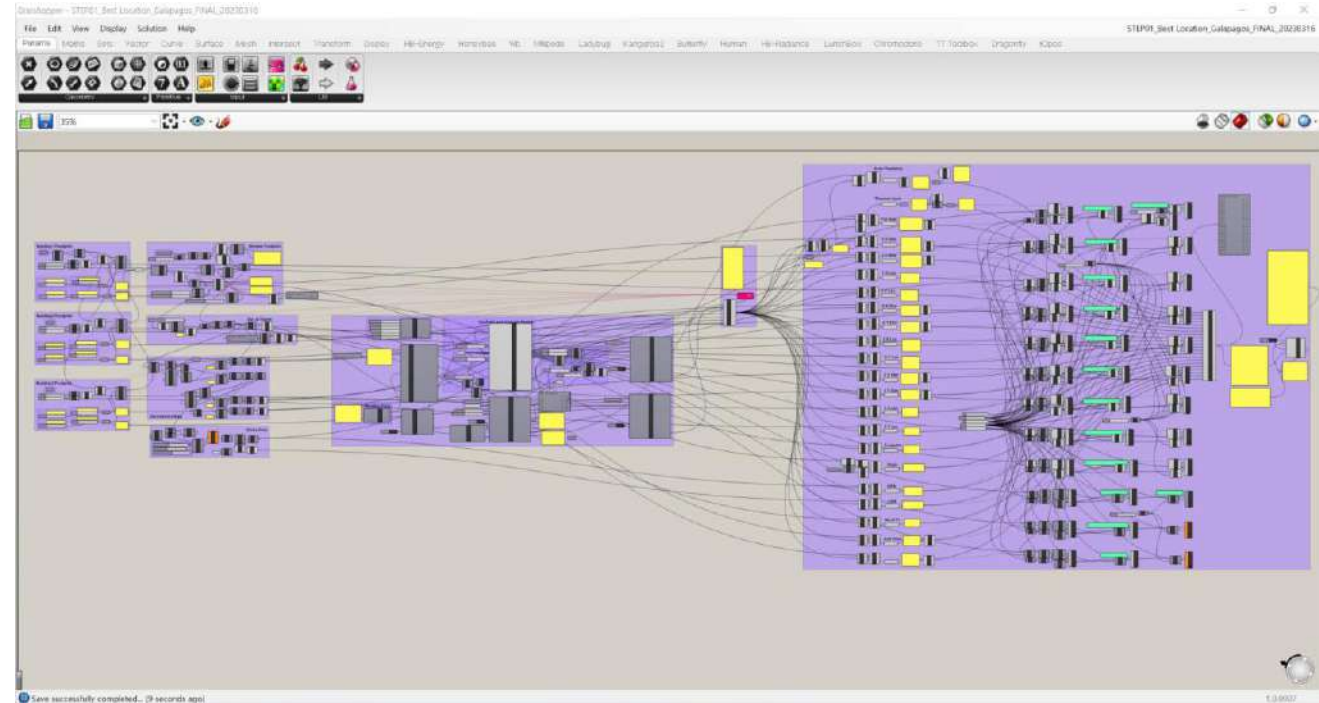
(b)



(c)



(d)

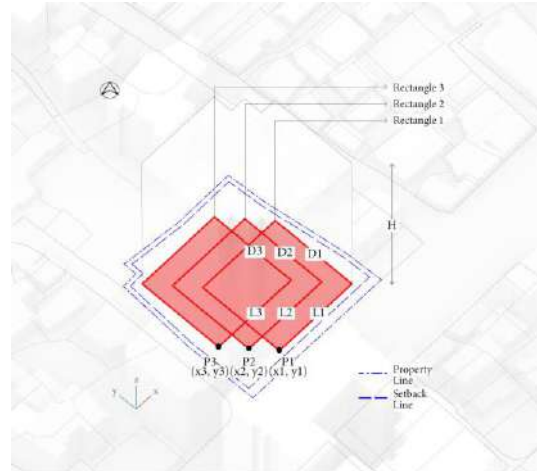


Work Flow_Evolutionally Principles Applied to Problem Solving

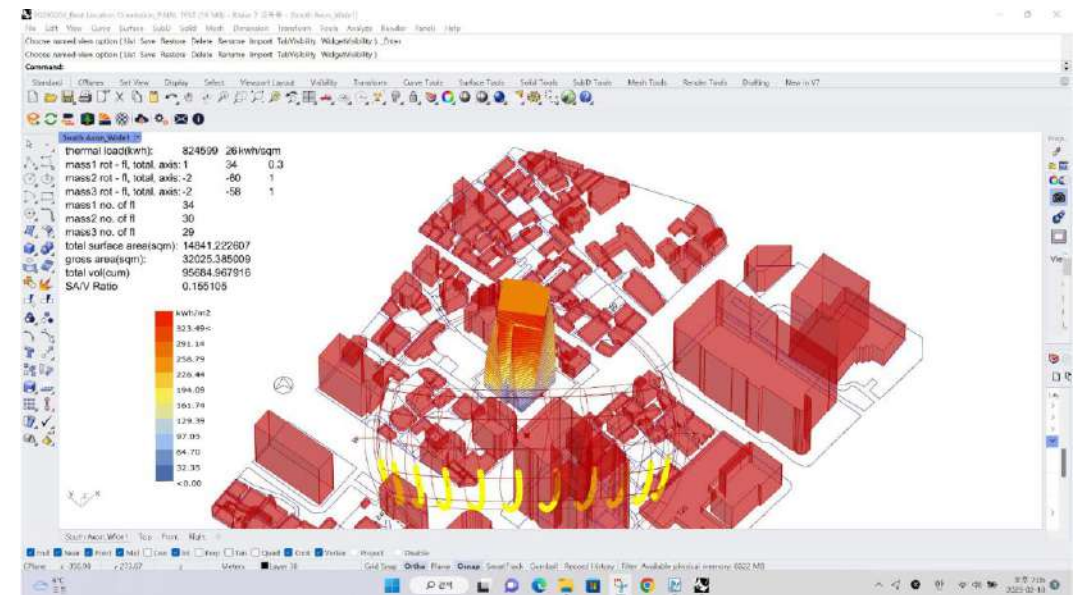
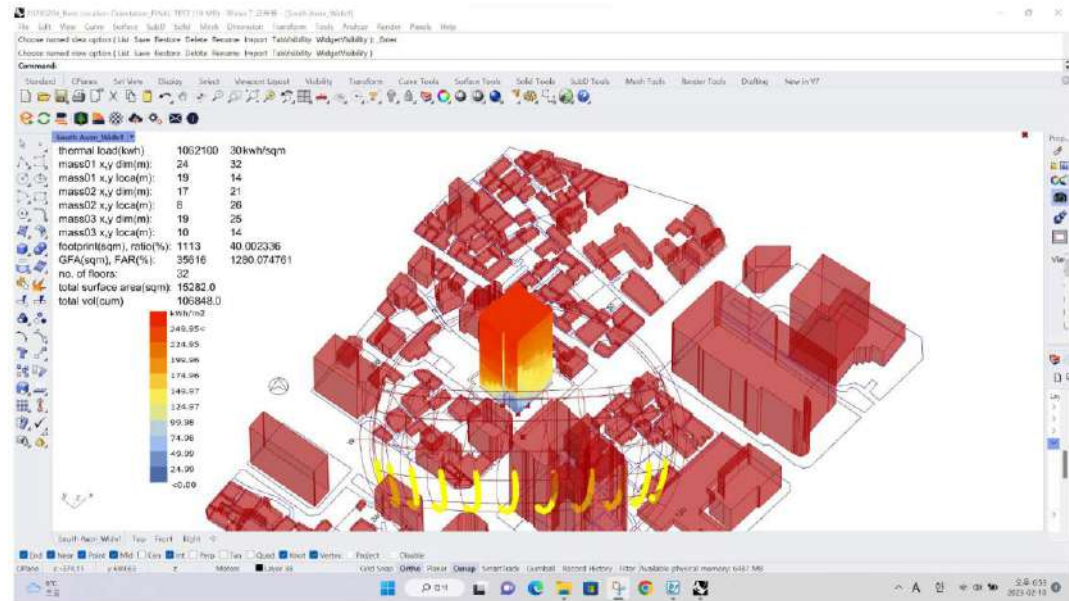
- a: Geometry Construction (Rhino Ceros)
- b: Parametric Modeling (Grasshopper)
- c: Energy Simulation (Ladybug Tools)
- d: Optimization (Galapagos)

최적화(Optimization)

1. 위치 최적화



2. 높이 및 방향 최적화



내재탄소 감축을 위한 위상최적화 기반 건축설계 방법론

- 재사용 자재 및 유전알고리즘 기반 자재 설계를 중심으로 -

Reused Material-Based Architecture Design Methodology for Embodied Carbon Reduction

- Topology Optimization and Genetic Algorithm-Driven Material Design -

○김 윤 기*

Kim, Yun-Gi

김 경 식**

Kim, Kyung-Sik

Abstract

As operational carbon decreases, reducing embodied carbon through material reuse and structural optimization becomes crucial. However, irregular topology-optimized shapes often limit constructability. This study proposes a novel framework that simplifies these shapes into lines and planes using MAT, and assigns reused steel members via a genetic algorithm. Structural evaluations confirmed a 44.67% weight reduction over grid structures, while deflection and buckling load factors improved by over 60%. Environmental assessments showed a 63.40% reduction in embodied carbon compared to conventional buildings. Ultimately, this establishes a digital design strategy that quantifies both structural and environmental benefits.

키워드 : 위상최적화, 재사용강재, 내재탄소, 유전알고리즘, 전생애주기평가

Keywords : Topology Optimization, Reused Steel, Embodied Carbon, Genetic Algorithm, Life Cycle Assessment(LCA)

1. 서론

1.1 연구의 배경과 목적

건축산업은 전 세계 산업 중 이산화탄소 배출의 34%를 차지하는 대규모 탄소 배출 산업으로서 그 지속가능성에 대해 많은 논의가 있어 왔다.(UNEP, 2025) 이러한 배경에서, 산업 전반에서 예측되는 탄소배출량을 정량적으로 파악하기 위해 전생애주기평가(이하 LCA) 방법론이 발달해 왔다.

건축물에서 발생하는 탄소의 유형은 운영탄소와 내재탄소로 구분된다. 최근 이루어지는 건축물에서 발생하는 탄소를 줄이기 위한 노력들은 그 운영과정에서 요구되는 에너지원의 친환경화와 설비시스템의 개선, 건물의 단열 성능 개선을 중심으로 이루어져 왔다. 이러한 노력의 결과로 운영탄소를 상당 부분 감축할 수 있었다.

하지만 운영단계의 탄소 배출량 감축이 제도에 오류에 따라, 상대적으로 적었던 내재탄소 발생량의 비중이 증가하였고, 이에 주목하기 시작했다.

건축물의 내재탄소를 감축하는 방법은 다음 두 가지로 정의할 수 있다. 첫째, 건축물의 구조를 최적화하는 방식

과 둘째, 탄소배출량이 적은 재사용 건축자재를 사용하는 방식이다.

건설자재를 재사용하는 두 번째 방법에 대한 구체적인 노력은 UN의 BAMB(Building As Material Banks)프로젝트나, Bellstock의 Actlab프로젝트, Patrick Henry Village 등 다양한 사례를 통해 구체화되고 있다. 반면 건축물의 구조 설계에 대해서는 디자이너의 개인적 역량으로 남아, 이에 따른 학문적 연구가 상대적으로 부족한 실정이다. 그럼에도 불구하고, 주어진 재료를 효율적으로 사용할 수 있게 하는 위상최적화(Topology Optimization)를 통한 구조설계 기법은 다양한 각도에서 건축과 접목하여 연구되고 있다.

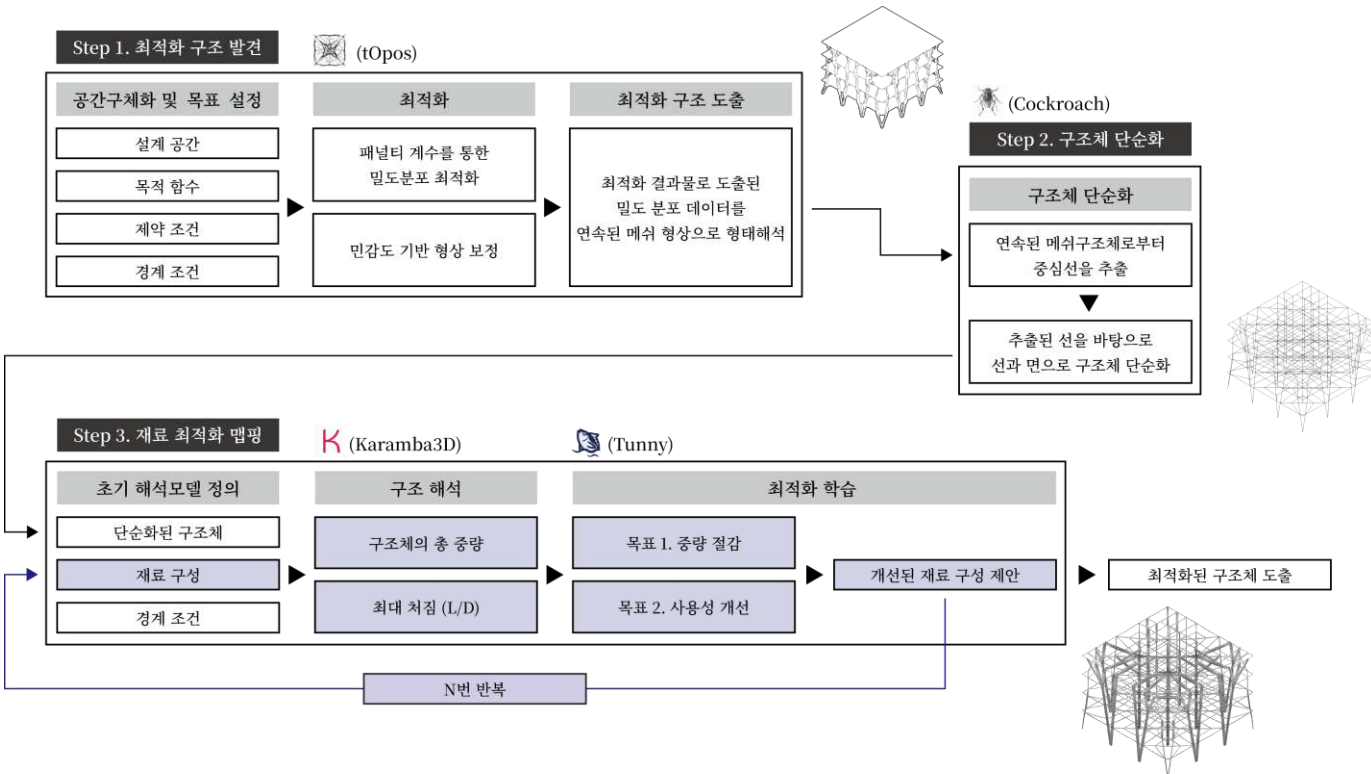
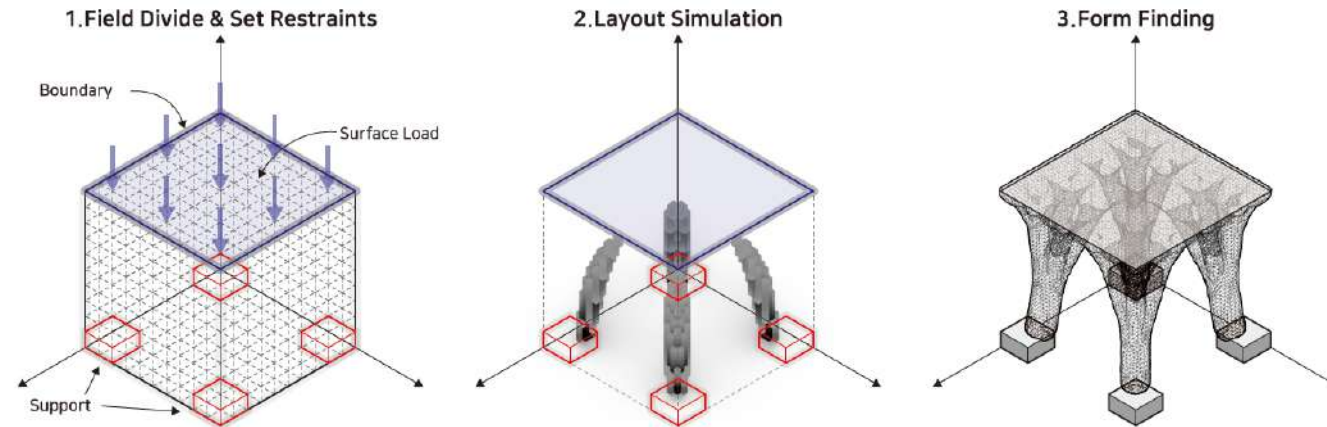
이에 본 연구는 앞서 정의한 내재탄소 감축을 위한 두 가지 목표를 하나의 과정으로 통합하고, 이를 통한 구조 개선 효과 및 이에 따른 환경부하 감소를 정량적으로 비교·분석하고자 한다.

1.2 건축과 위상최적화

위상최적화는 수학적 모델 기반으로 구성된 형상 최적화 도구로, 그동안 항공우주, 자동차 등 다양한 기계 엔지니어링 분야에서 부품의 경량화를 위한 최적화 도구로 활용되어 왔다.(Bendoe & Sigmund, 2003)

위상최적화를 건축과 결합하려는 시도는 선행연구를 통

1) 건축분야의 위상최적화 적용은 해석된 결과물을 하나의 건물에만 적용 가능하다는 특성이 비한 해석비용과 결과를 구현의 어려움이 적용 한계로 작용한다(Pucker & Grabe, 2011).



* 전남대 건축도목공학과 석사과정

** 전남대 건축학부 부교수

(Corresponding author : School of Architecture, Chonnam National University, kimks@cnu.ac.kr)

학생 연구 _ 건축물 형태에 따른 패시브 성능 다기준의사결정 모델 연구

2026년 준계학술발표대회 : 일반부문

건축물 형태에 따른 패시브 성능 다기준의사결정 모델 연구

- 업무시설을 중심으로 -

A Study on Multi-Criteria Decision-Making Model for Passive Performance based on Building Form
- In Case of Office Buildings -

이 보 승* 김 경 식**
Lee, Boseung Kim, Kyungsik

Abstract

Building form and envelope configuration are pivotal factors, dictating approximately 80% of energy performance throughout a building's lifecycle. Diverging from conventional reliance on a designer's subjective experience, this study proposes a universal passive performance evaluation model integrating Multi-Objective Optimization (MOO) and Multi-Criteria Decision-Making (MCDM). By optimizing vast design alternatives generated via parametric modeling using the NSGA-II algorithm and applying the MEREC-TOPSIS method, the model derives objective weights and quantitative scores while minimizing subjective bias. This framework enables designers to verify the trajectory of form generation and intuitively evaluate the absolute performance of alternatives based on their proximity to ideal solutions.

키워드 : 설계 최적화, 친환경 건축 설계, 다중목적 최적화, 다기준의사결정

Keywords : Design Optimization, Sustainable Architectural Design, Multi-objective Optimization, Multi-criteria Decision-making

1. 서론

1.1 연구의 목적

최근 전 세계적인 탄소 중립 기조와 더불어 건물 부분의 온실가스 감축 및 제로에너지건축물(ZEB) 의무화가 가속화됨에 따라, 친환경 건축 설계의 중요성이 대두되고 있다. 이를 위해서는 초기 설계 단계에서의 의사결정이 주요하다. 특히, 이 단계에서 결정되는 건축물의 형태와 외피 구성은 건물 전 생애주기 동안 발생하는 에너지 성능의 약 80%를 좌우하는 핵심 요인이다 (Zhao & Du, 2020). 그러나 실제 과정에서 다각적인 성능 피드백을 실시간으로 확인하고 의사결정에 반영할 수 있는 직관적인 도구가 부족하여, 정량적 분석보다는 건축가의 경험이나 미학적 판단에 의존하는 경향이 강하다 (Zhang et al., 2016).

또한, 패시브 디자인의 주요 목표인 에너지 소비 최소화, 일사 획득 극대화 등은 서로 밀접하게 연관되는 동시에 상충하는 관계를 가진다 (Sun et al., 2020). 이를 통합적으로 해결하기 위해 다중목적 최적화와 다기준의사결정을 활용하여 최적의 형태를 기준으로 하는 패시브 성능 평가 모델을 구축하는 것을 목표로 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 업무시설이 밀집한 서울 중구 서소문동 일대를 대상으로 선정하였다. 특히, 상대적으로 에너지 사용패턴이 복잡하거나 예측 가능성이 높은 업무시설을 분석 대상으로 선정하였다. 연구의 방법은 Rhino와 Grasshopper를 활용해 건물 및 용적률 등의 범칙 제약조건을 만족하는 범위 내에서 평면 형태, 층수, 창면적비(WWR) 등을 변수로 하는 파라메트릭 모델을 구축하였다. 수많은 대안의 연산 효율성을 위해 환경 성능 평가는 ISO 13790 기반의 정적 해석(냉·난방 부하 산출)과 기상 데이터 기반의 유효주광 조도(UDI, 100~2,000lx) 분석을 적용하였다 (Kim & Yu, 2018).



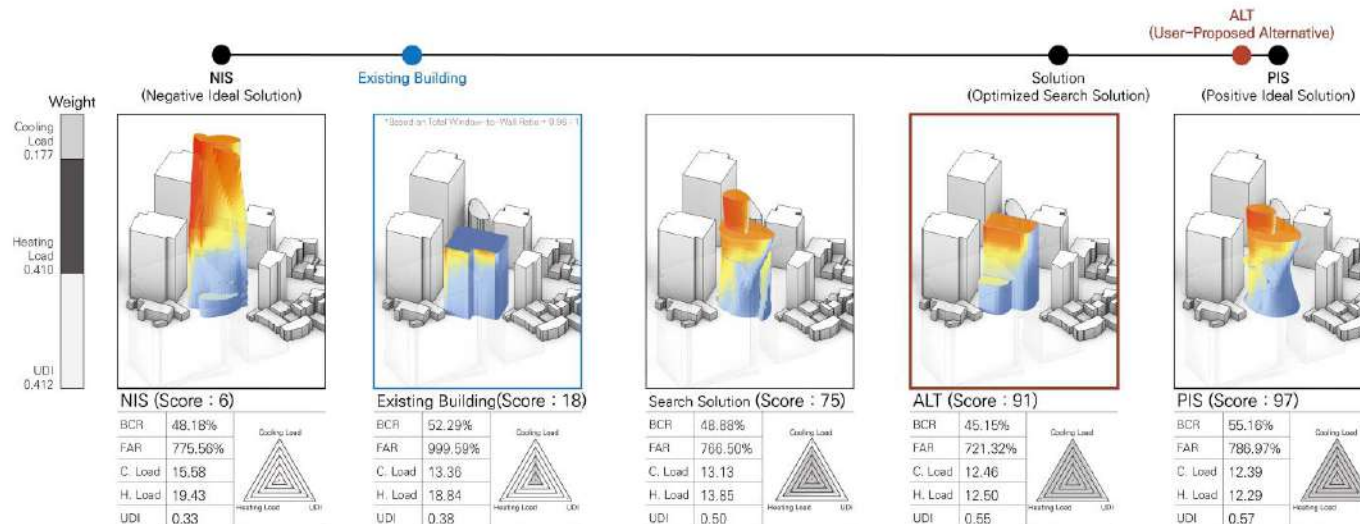
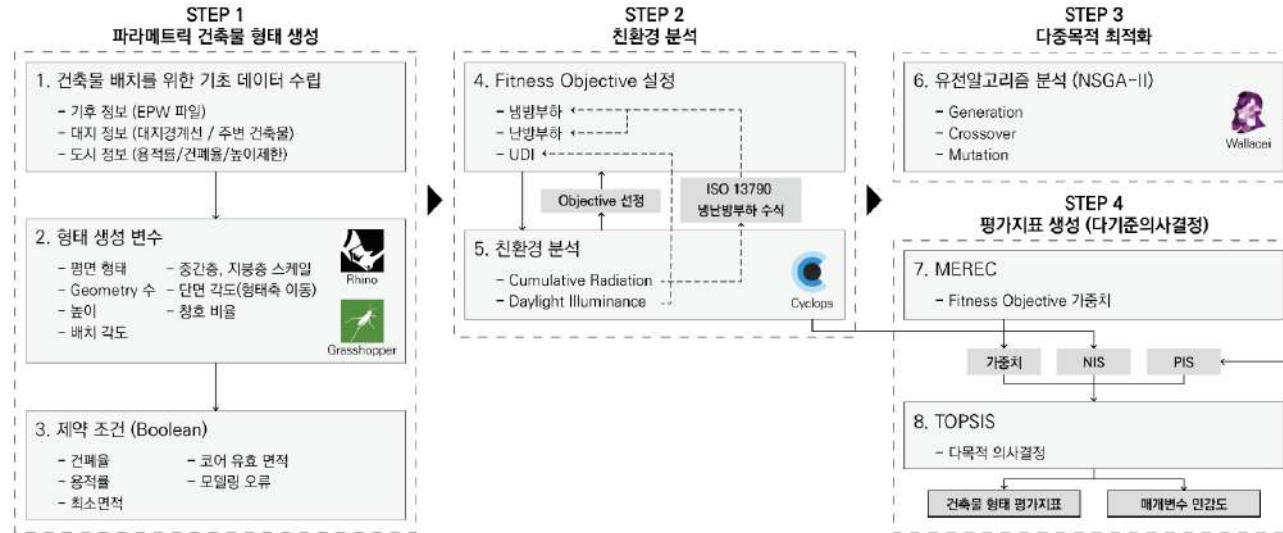
그림 1 연구 대상지 (서울특별시 중구 서소문동 143번지)

이후 이를 목적으로 설정하여 다중목적 최적화를 수행하여 최적화된 형태를 탐색한다. 이 과정에서 도출된 다수의 최적해 중 평가 모델의 기준점을 객관적으로 선정하기 위해 MEREC-TOPSIS 기반의 다기준의사결정 모델을 제안한다. 우선 MEREC 방법론을 통해 의사결정자의 주관적

* 전남대 대학원 석사과정

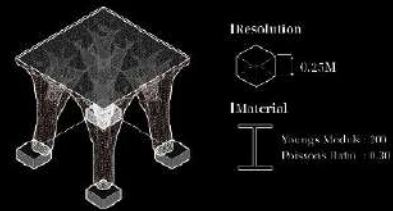
** 전남대 건축학부 교수, 미국 건축사

(Corresponding author : School of Architecture, Chonnam National University, kinks@juu.ac.kr)



연구기반 설계

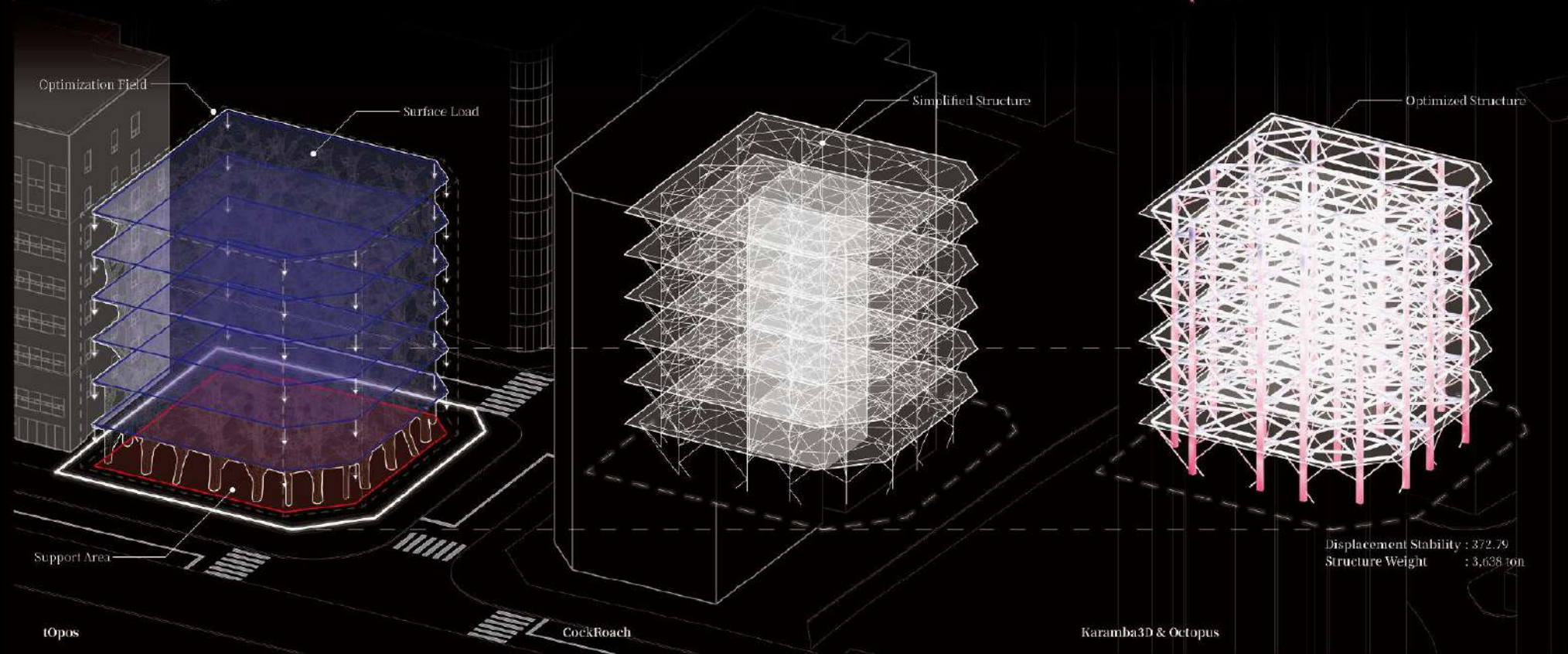
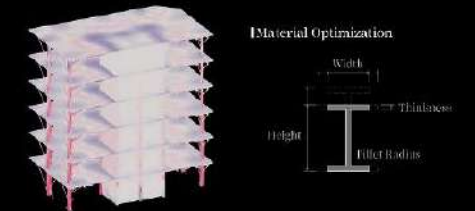
STEP 1. Topology Optimization



STEP 2. Skeletonization



STEP 3. Structure Optimization



Topology Project

Architecture Competition

Project Location: Sejong City, Korea

Program: Office

Awards: Honorable Mention

근대 이후 등장한 콘크리트는 엄청난 자원의 효율성과 형태를 표현하는 데 있어서의 자유로움이 사람들을 매료시켰고 근대건축의 상징으로 자리잡았다. 한편 현대에는 환경오염과 기후변화의 도래로 자원을 절약하고 재활용하고자 하는 움직임이 더욱 활발해졌다. 하지만, 우리가 주로 사용하는 콘크리트는 이러한 부분에 있어선 거의 불가능하다고 평가받는다. 늘 새로운 건물엔 새로운 재료가 요구되며, 쓰여진 재료는 본래 가치를 잃고 버려진다. 이러한 이해관계 속에서 건축은 새로운 변화를 요구받는다.

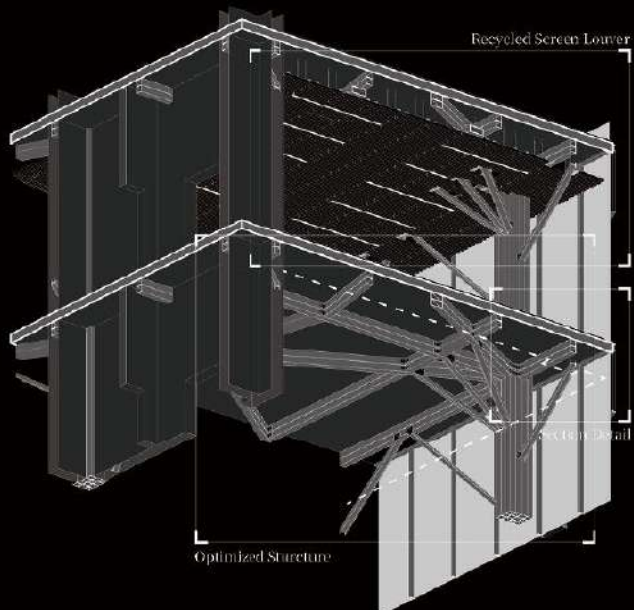
"가치적 건축?, 건축은 어떻게 재활용될 수 있을까?"



After Demolition



Where to?

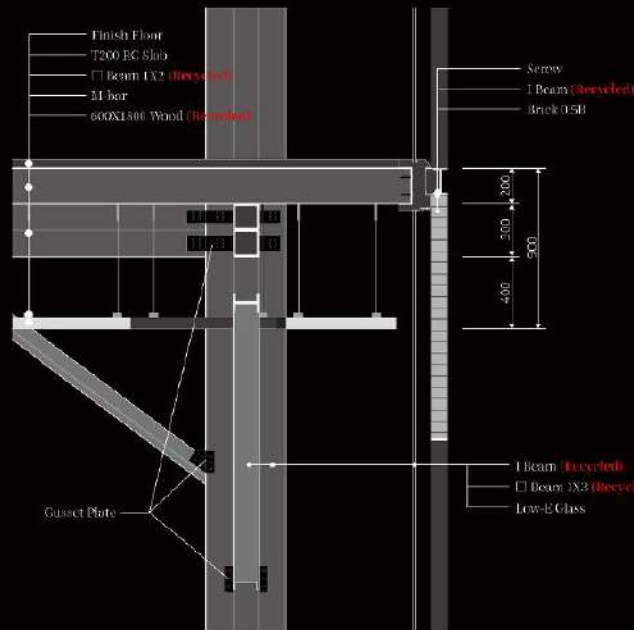


Axonomic Section

건물의 전면에서 재활용자재는 주요 구조부재 뿐만 아니라 천장재(재활용 목재를 활용한 스크린 루버), 외장재(재활용 벽돌)를 채택했다. 결과적으로 보아지는 위상화적화를 통해 짜여진 구조체는 마치 거미줄처럼 얹혀있다.

Recycled Screen louver

목재는 재활용자재 시장에서 강제보다 더 흔하게 얻을 수 있는 자원이다. 사례로 BFV Architects의 'Creche Justice' 사례에서 얻은 교훈을 바탕으로 철거예정인 초등학교의 문과 창틀을 파수 및 기둥을 통해 외장재 및 천장 마감재로 다시 사용했고, 이를 통해 일제되었다.



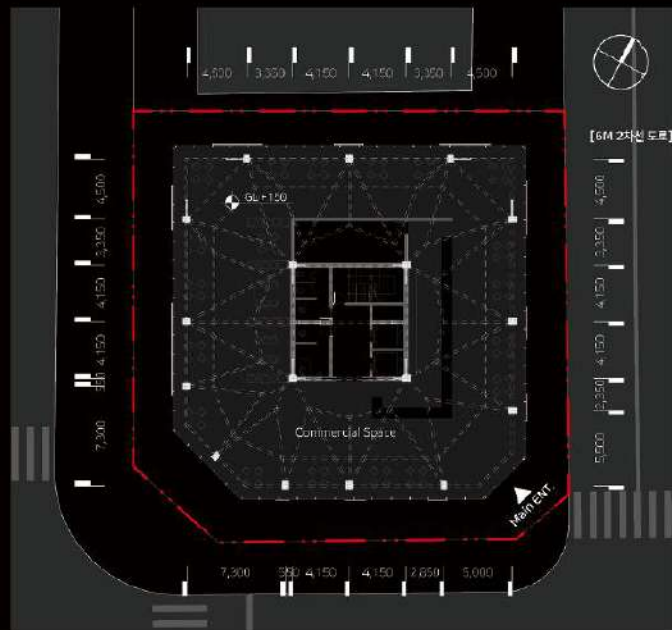
Detail Plan

총 3단계의 구조 최적화 프로세스를 거친 결과 일반적으로 사용되는 보의 길이보다 200mm 짧게 결재를 얻을 수 있었다. 보의 얇은 단면은 넓은 실험공간의 너비와 실내의 높은 천정으로 이어졌다. 이러한 이점은 공간 사용성과 유지관리에 있어 매우 큰 것으로 나타났으며, 설계 단계에서 제한된 높이 속에서 더 많은 공간을 넣을 수 있는 새로운 가능성을 제시하기도 한다.

Gusset Plate

위상화적화 결과물을 정형화된 재료로 재구성하는데 있어 또다른 속제는 재료와 재료사이의 결합을 어떻게 구현하는가이다. 일반적으로 사용되는 용접을 통한 결합은 해체 이후 자재의 재사용성에서 상품성이 떨어지기 때문에 보다 적절한 물리적 결합방식을 찾아야했다. 거сет 플레이트는 이러한 부분에서 복잡한 구조형상을 거의 바꾸지않고 구현할 수 있는 가장 적절한 결합 방법이다.

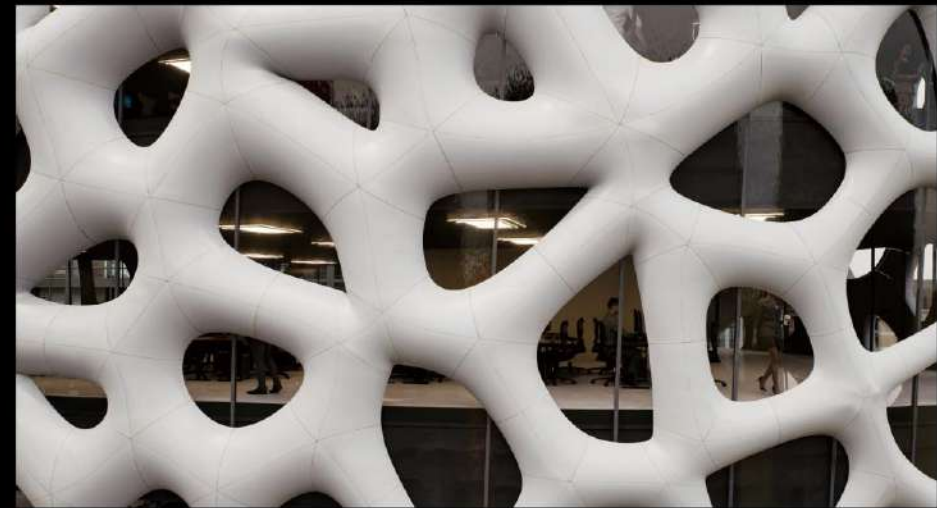
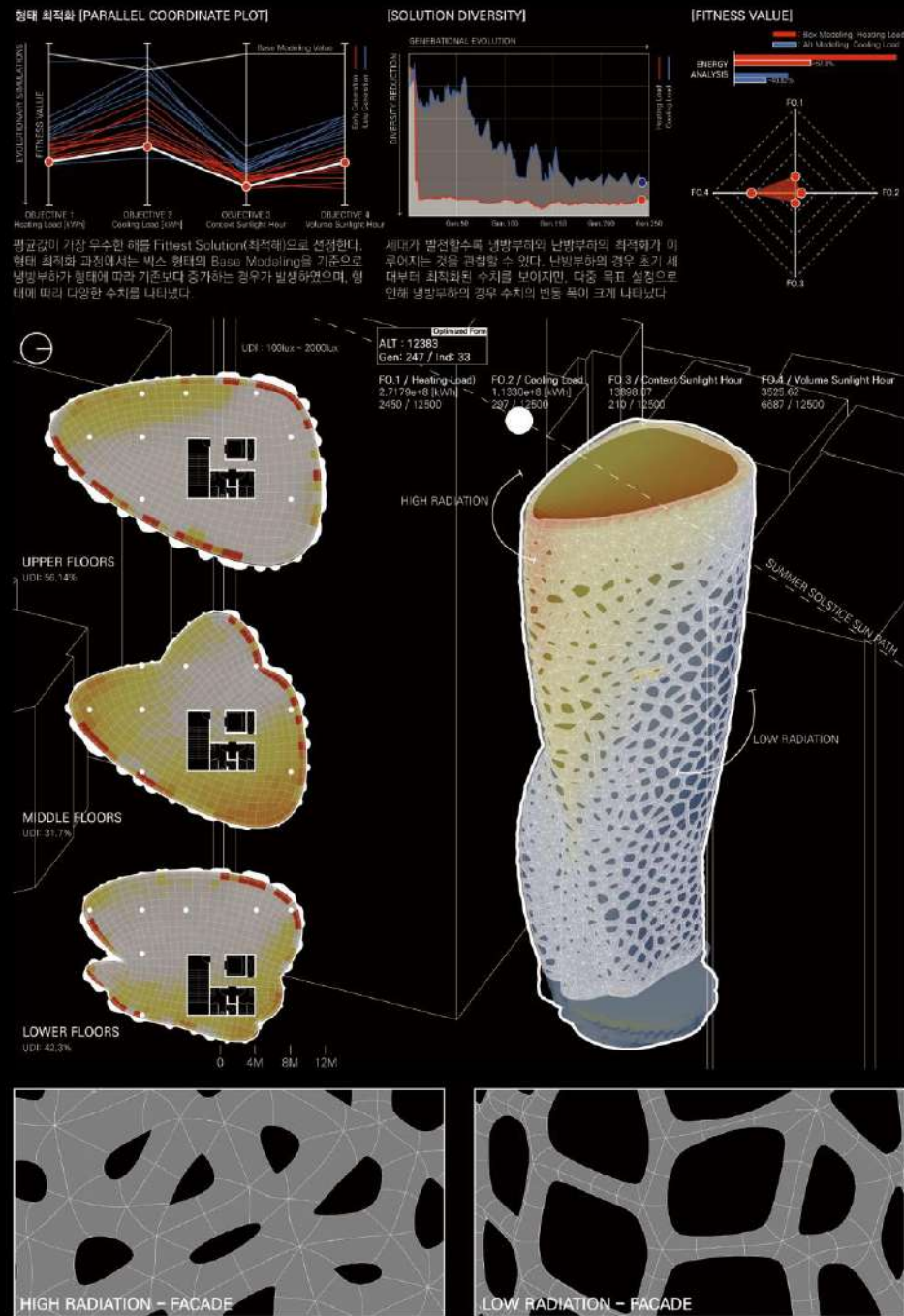
Perspective View



Floor Plan

가상의 근린생활시설을 대상으로한 본 프로젝트는 1층은 상업시설, 2층부터는 오피스건물로 계획되었다. 그리고 최적화 결과가 더 효율적인 공간활용을 도모할수 있도록 최적화 목표와 영역 설정에 일부 제약을 두어 진행해야 했다. 결과적으로 내부에는 외곽을 두르는 13개의 수직기둥으로 수렴했고 그물망처럼 보듯이 얹혀있는 형상으로 나타났다.

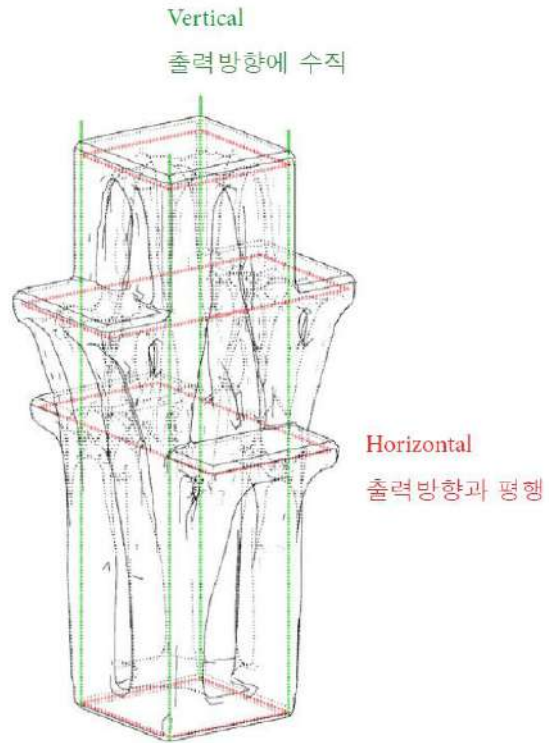
연구기반 설계



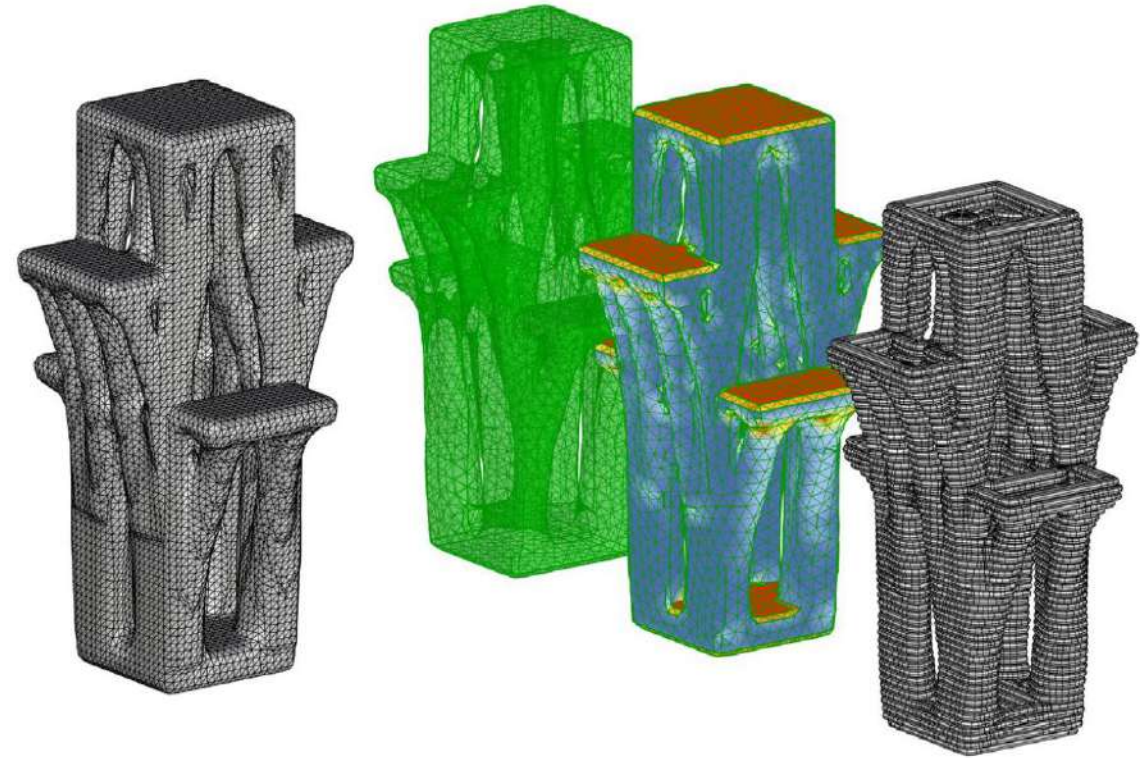
1. 위상 최적화



2. 보강 계획



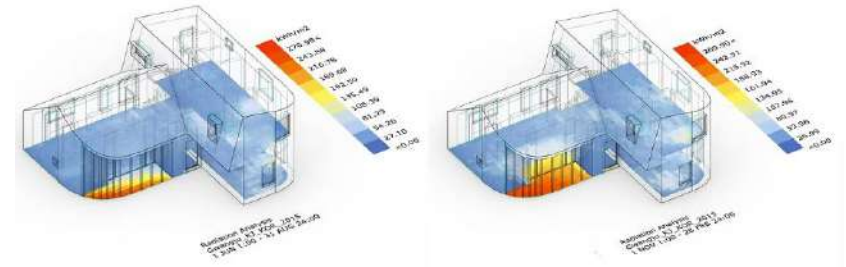
3. 출력환경에 따른 형태 보정



설계 프로젝트

담빛리 주택

Year : 2022
Type : Single Family House
Location Dabmit-ri, Damyang



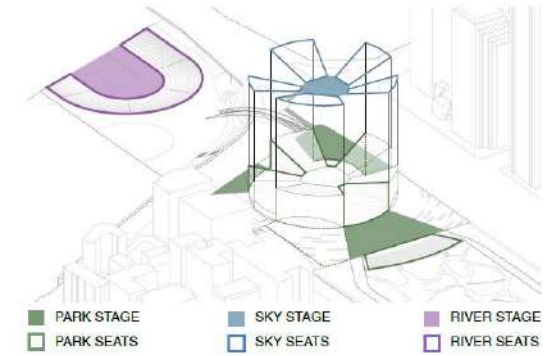
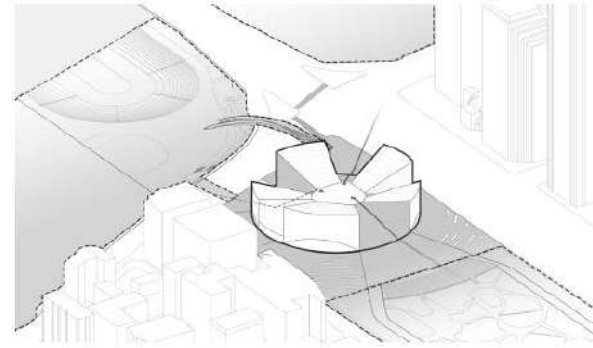
설계 프로젝트

제2세종문화회관 (Urban Stage)

Year : 2023

Type : Culture Center

Location : Yeoui-do, Seoul, Korea

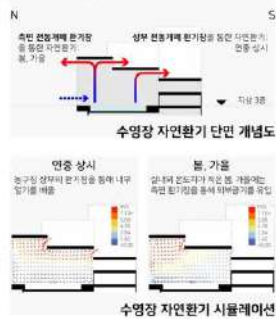
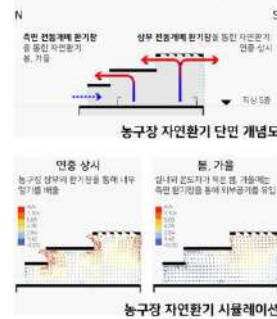


설계 프로젝트

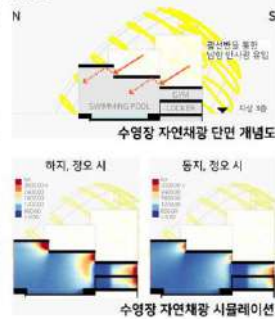
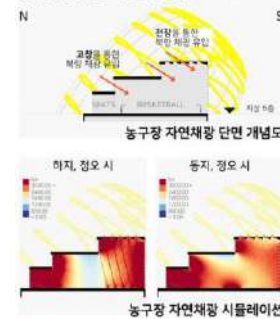
다목적 체육센터 (Connecting Steps)

Year : 2024
Type : Sports Center
Location : Seoul, Korea

단을 활용한 자연환기(NATURAL VENTILATION) 시스템



단을 활용한 자연채광(DAYLIGHTING) 유입



서측 외벽상세 (WEST FACADE DETAIL)



남측 외벽상세 (SOUTH FACADE DETAIL)



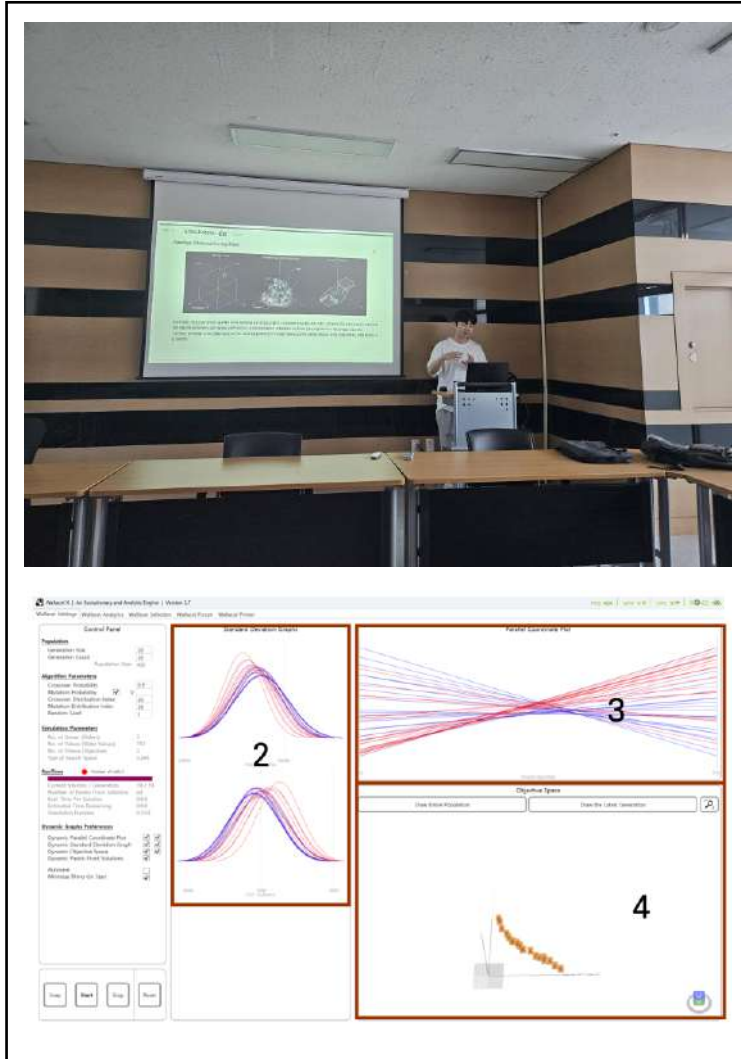
설계 프로젝트

공과대학 2호관 리노베이션

Year : 2024
Type : School Renovation
Location : Gwangju, Korea



2025.08 연구실 내 워크숍



2026.04 학술대회



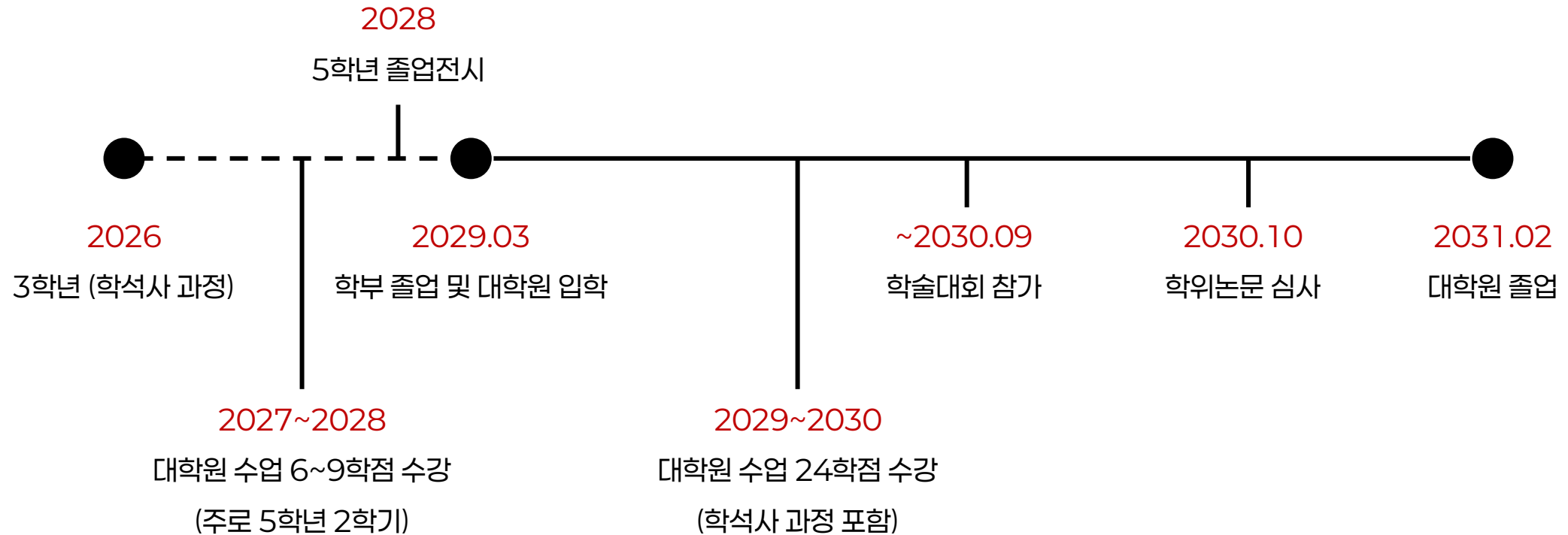
2026.02 Digital Fabrication Workshop



2026 Digital Fabrication Workshop



대학원 프로세스 (26년 3학년 기준)



IDL (Integrated **D**esign **L**ab)

통합설계연구실

김경식 교수님

kimks@jnu.ac.kr

<https://www.inde-lab.com/>

Q1. 대학원을 진학한 이유와 가장 좋은 점은?

- A. 자신만의 강점을 기를 수 있다고 생각합니다.
설계 및 포트폴리오 구성에서 방향성을 설정하는데 큰 도움이 되었습니다.
- A. 학부생때의 작품으로 충분히 표현하지 못했던 자신의 강점을 더 잘 표현하고 강화시킬 수 있습니다.
본인만의 연구와 작품으로 더 풍성한 포트폴리오를 만드는데 도움이 됩니다.

Q2. 연구실에서 꼭 정량적 분석 연구를 수행해야 하나?

- A. 연구의 범위는 자유롭게 선택이 가능합니다.
현재 있는 대학원생의 관심사가 비슷했으며, 연구 과정을 통해서 Grasshopper 등을 처음부터 배우기도 하였습니다.
- A. 마찬가지로 정해진 연구의 주제의 범위는 없으며, 원하는 주제를 자유롭게 선택할 수 있습니다.
원하시는 연구의 주제를 가져오시면 그것을 바탕으로 교수님과의 토의를 통해 더 구체화 시키실 수 있습니다.

Q3. 대학원을 지원하기 위해서 필요한 역량은?

- A. 스스로 고민하는 역량이 중요하다고 생각합니다.
특히, 연구의 경우 설계 스튜디오보다 더 많은 고민과 탐구가 요구됩니다.
주변에서 많은 도움을 받을 수 있지만, 보다 많은 사고과정이 필요합니다.