

친환경 통합 디자인 프로세스의 디자인 적용에 관한 연구

- 오피스 건물을 중심으로 -

A Study on Design Application of Eco-Friendly Integrated Design Process

김민규*
Kim, Min Gyu

강희선**
Kang, Hee Seon

Abstract

This Study, as a Eco-Friendly Design Process of Office for sustainable design, aims to develop a sustainable design process by letting the designers easily approach the concept of Eco-Friendly Design Process and applying this to Eco-Friendly Design Process when the designers perform design. Through a review on simulation, a research was made on the seriousness of environmental problems and control that was caused by design, Environmentally friendly design, sustainability, and sustainable design's background and definition were studied. In order to develop a Eco-Friendly Design Process, an existing review from Building Energy Simulation that proposed about energy environmentally friendly design element and sustainable design element's semantic similarities were restructured as sustainable design element comparative analysis. Restructured sustainable design elements and the relationship between sustainable design elements and the relationship of each product developmental process levels were analyzed. Finally, through clustering, sustainable design guideline were developed. This Eco-Friendly Design Process is expected to be applied to as one of the methods in solving the global environmental issues in design practice.

키워드 : 친환경, 디자인 프로세스, 통합 설계 프로세스
Keywords : Eco-friendly, Design Process, Integrated Process

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

21세기에 들어 기후 변화 등의 환경 문제는 세계적으로 가장 중요한 이슈가 되고 있다. 특히 화석에너지 고갈과 기후 환경 변화에 대한 문제가 고조 되고 있다. 이러한 환경문제에 가장 큰 영향을 주는 것은 건축물로서 전 세계 이산화탄소 배출량의 30~40%를 차지 있으며, 건물 규모의 거대화와 복합화로 인해 건물에서 소비되는 에너지 소비량도 지속적으로 증가하고 있다. 이에 에너지 저감 효과를 얻기 위해 교토협약이후 국가별로 강력한 에너지 저감 목표를 수립하고 시행중에 있다.¹⁾ 에너지 저감과 쾌적성 향상을 위한 건축분야의 종합적인 대안으로 친환경 건축 (Green Architecture)이라는 새로운 대안을 제시하였고, 친환경 건축의 보급을 확대하기 위해 신재생에너지 등의 기술과 이를 검증할 다양한 시뮬레이션 도구 등의 다양한 연구와 정책이 진행되고 있다.²⁾

그러나 설계가 끝난 이후 건물의 요구 성능을 충족시키기 위한 여러 기술요소를 부가적으로 적용하는 것은 비용

의 증가뿐만 아니라 친환경적 효율 면에서도 좋은 결과를 보이지 못한다. 즉 친환경 건축물 계획과정은 기존 설계방식과 달리 설계초기부터 다양한 분야의 전문가들과 건축가들이 함께 계획에 참여하고, 단계별로 각 분야의 친환경적 전략을 지속적으로 발전시켜 성능을 평가하고 미적인 요소도 반영하는 새로운 디자인 프로세스가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 각 단계별 고려 가능한 요소와 기술을 실제 프로젝트에 적용하고 이를 가능한 친환경 시뮬레이션을 통해 검증함으로써 친환경 설계의 전략적인 접근 방안을 찾는데 목적을 둔다. 또한 설계초기부터 건축가와 친환경전문가의 협력 작업을 통한 결과의 효율성에 대해 검증하고자 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 친환경 건축물 설계 방법론을 연구의 범위로

- 1) 2005년 기준 각 나라별 2020년 CO2 감축 목표는 한국(녹색성장위원회/국토부/지경부/환경부)-4%, 유럽(EUCommittee) -13%, 미국(DOE:에너지성) -20%, 일본(환경성) -30%로 국가별 에너지 저감 로드맵을 형성하고 있다.
- 2) 녹색 성장법 이후 건축물의 에너지 성능과 등급을 의무화하고 점차 그 기준을 높이고 있다. 정부는 녹색성장기본법(2009.12), 스마트그리드법(2011.11), 녹색건축물지원법(2012.2)에 이은 온실가스배출권의 할당 및 거래에 관한 법률안(2012.5) 등의 건물 내 에너지 절약에 대한 법적 제도적 틀이 체계적으로 구축되고 있다.

* Lead author, Dept. of Architecture, Kangwon National Univ., South Korea, Professor (mingyukim@kangwon.ac.kr)

** Corresponding author, Dept. of Architecture, Honghik Univ, South Korea, Ph. D course, a qualified architect (my-titanic@hanmail.net)

설정하고, 적용 가능한 친환경 설계 요소를 포함한 친환경 디자인 프로세스를 제안하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 친환경 디자인 프로세스에 대한 이론적인 고찰을 하고, 친환경 건축 설계 요소를 도출한다. 동시에 국내 시장에 현실적이고 적용가능한 각 단계별 수행 작업과 요소들을 정리하여 친환경 설계 프로세스의 틀을 마련한다. 이를 토대로 친환경인증 비율이 낮은 오피스³⁾에 설계단계별로 적용하여 설계한 후 에너지 성능 분석을 시뮬레이션으로 검증하여 연구의 신뢰도를 확인한다. 연구는 초기설계 시부터 설계자와 친환경전문가의 협동 작업을 통하여 이루어진다.

2. 이론적 고찰

2.1. 친환경 디자인 프로세스

1) 친환경 디자인 프로세스

기존 설계과정은 Fig. 1과 같이 건축가가 기초설계(Pre-Design)와 기본설계(Schematic Design)를 건축의 형태와 구성을 중심으로 진행 한 이후, 실시설계나 중간 설계 단계에서 건축물에 기본적으로 요구되는 성능을 위한 구조, 설비, 친환경 등 다양한 분야의 전문가들은 설계안의 성능 분석성도의 수준에서 소극적인 역할만을 수행하는 경우가 많다.

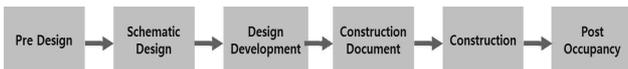


Fig. 1. Conventional design process

현재는 설계 대상의 복잡화와 다양화로 인해 건축가의 직관적 사고에 의한 설계보다는 설계조건과 프로그래밍의 순차적인 적용이 가능한 디자인방법론이 점점 대두되고 있다. 특히, 친환경 건축과 같은 새로운 개념이나 새로운 형태의 건물을 설계하기 위해서는 기존 방법과는 차별화된 디자인 방법론의 필요성이 매우 큰 편이다. 미국 건축가 협회에서 1993년 시카고회의에서 지속가능한 건축을 실현하기 위해 새로운 설계방법론과 설계기준을 개발하고 새로운 기술을 적용한다는 목표를 우선적으로 세우고, 이에 대한 해결책과 노력을 지속해 왔다.

2) 친환경 디자인 프로세스의 비교

캐나다에서도 1993년 C-2000프로그램으로 불리는 IDP(Integrated Design Process)를 개발하여 친환경건물의 디자인 과정을 제시하였다. 이 프로그램에서는 건축가의 가이드라인을 만들어서 디자인 초기 과정에서 건축가가 팀의 리더 역할을 하며 기계, 전기, 건축시뮬레이션 등의 전문가와 팀 작업을 통해 에너지 성능과 운영비의 감소를 목표로 설계 과정을 체계적으로 통합하였다.

이후 1997년부터 2002년까지 진행된 “대형건물에서 태양에너지 이용 최적화 연구(IEA Task 23)”에서 디자인 프로세스에 대한 연구가 진행되었다. 이 연구에서는 통용되는 설계과정으로 통합 디자인 프로세스를 정리하고, 각

단계별 활동에 참여해야 하는 전문가들을 명확하게 설정해 두었다. 또한 정성적인 비교를 포함한 복합적인 기준을 갖는 의사결정을 위한 도구가 개발되었다.⁴⁾

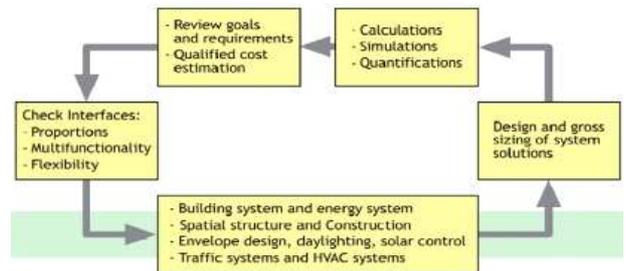


Fig. 2. Design development Diagram of IEA Task 23

한편, 미국의 빌 리드(Bill Reed)가 주도하는 총체적 시스템 통합디자인(Whole System Integrative Design)은 이전의 에너지중심의 통합범위를 자연을 포함하는 생태계 전반으로 확대하는 것을 목적으로 한다.⁵⁾

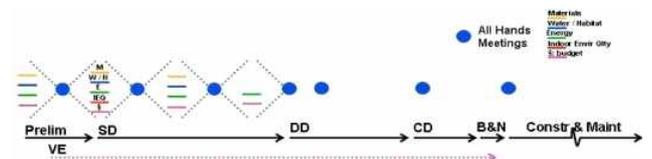


Fig. 3. Design development Diagram of WISD

다음 Table 1은 기존 친환경 통합디자인 이론의 비교표이다.

Table 1. Comparison Table of Existing Eco-friendly Integrated Process

Classification	Feature
iiSBE ⁶⁾ (Canada)	<ul style="list-style-type: none"> · First Establishment and Application of Eco-Friendly Integrated Design Process · Feedback Design by Energy Performance Simulation · Classification of Design Phase
IEA Task 23 (International Organization)	<ul style="list-style-type: none"> · Making team of Related Specialist · Complicated Decision Making Instrument · Classification of Design Phase
WSID (USA)	<ul style="list-style-type: none"> · Broaden the scope of Integrated Design Process · Classification of Design Phase

이러한 친환경 통합디자인 과정은 건축가로 하여금 초기 단계에서 설계의 흐름을 이해하며, 주요 쟁점사항의 파악을 용이하게 하여 효율적인 결과물을 도출하게 한다.

친환경 설계가 초기 단계인 우리나라의 경우, 모든 디자인이 끝난 이후 쉽게 적용할 수 있는 벽면 녹화나 지붕 녹화, 태양열 집열기 설치 등의 이분화된 친환경 설계로

3) Lee, Seung-Keun and 2 accompanying person, “A Study on Integrated Design Process Guideline for Sustainable Architecture”, Journal of AIK, Vo28, No8, August 2012

4) Guenter Loehnert, Integrated Design Process, IEA Task 23, p44, 2003

5) Whole System Integration Process(WVIP), Consensus Standard Guide, 2007

6) International Initiative for a Sustainable Environment

인해 완공 후 기대에 못 미치는 성능을 나타내고 있다. Fig. 4.에서처럼 친환경 설계가 설계 초기 단계인 전략 설정 및 프로그래밍에서부터 고려될 때 효과는 매우 큰 반면 비용은 감소되며, 반복적인 검토를 통해 그 사항이 후속 설계단계로 이어져서 완공 후 그 성능을 극대화 할 수 있다.⁷⁾

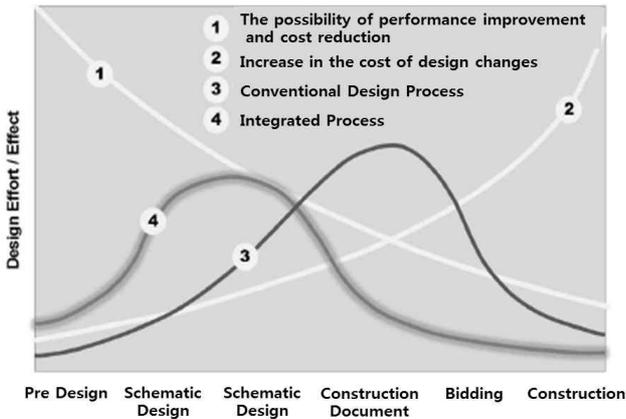


Fig. 4. Correlation table between design stage cost and Eco-friendly Performance

2.2. 친환경 건축의 설계기법

친환경 건축물 설계 시 대지디자인(Site Design), 건물 디자인(Building Design), 시스템디자인(System Design) 세단계로 나누어 계획한다.⁸⁾

첫째, 대지 디자인(Site Design)이다.

자연환경과 건축과는 대단히 밀접한 관계를 지닌다. 그 지역의 태양, 바람, 미기후 등 기후조건을 분석하고 지형의 경사도 등 대지 조건 및 자연환경을 분석하는 것은 친환경적 건축을 설계하기 위한 중요하고 가장 기본적인 기초가 되는 단계이다. 이를 바탕으로 계획부지 및 인접한 생태환경과의 연계성을 고려하여 이용하고 환경에 대한 영향을 최소화하는 것이 가장 큰 목표이다. 대지가 지니고 있는 환경 분석을 통한 대지 디자인은 자연에너지를 활용하기 위한 방안이 주를 이루고 패시브시스템에 대한 고려 사항들이 있다. 계획초기에 건물의 배치나 향에 따른 환경 영향에 대한 고려사항이 많다. 대지가 지니고 있는 바람길 등 자연환경과의 조화, 건물이 환경에 주는 영향, 우수를 활용하거나 지역에서 나는 자원의 활용, 열, 음 등 다양한 환경 성능에 대해서 종합적으로 고려하고 평가하여 특정 대지에 가장 적합한 대안을 찾아 대지 계획을 하는 것이 중요하다.

둘째, 건물 디자인(Building Design)이다.

건물을 계획할 때 에너지 사용을 최소화하기 위해 각종 친환경 요소들을 디자인 안으로 현실화해나가는 단계이다. 이를 통해 대지 디자인을 통해 분석된 자연에너지를 활용할 수 있는 요소들에 대하여 건물에 최적화시킬 수 있는 방안이 논의된다. 이 단계에서는 주로 패시브시스템을 최대한 활용하여 건물의 에너지 소비량을 감소시킬 수 있는 여러 가지 방안이 제시되며 건물의 형태, 구조형식 및 공

간구성, 건물의 외피, 친환경 자재 마감 등이 있다.

셋째, 시스템 디자인(System Design)이다.

기존 설계 프로세스에서 설비시스템은 주로 엔지니어들이 건물의 요구 성능에 맞추어 별도의 전략 없이 계획되는 경우가 많다. 그러나 통합설계 프로세스에서는 앞서 언급된 외부환경계획, 건물계획과 연계된 통합적인 설비시스템 계획이 적용된다. 각종 친환경 요소들에 따른 건물의 에너지 저감 성능을 시뮬레이션 등을 통하여 분석하고 이를 보완할 수 있는 설비시스템을 계획하게 된다. 또한 에너지 효율적인 설비기기를 도입하고 친환경적인 운영전략을 통하여 에너지 저감할 수 있다.⁹⁾ 각 단계별 설계기법 내용을 정리하면 Table 2와 같다.

Table 2. The characteristics of design stage and Main design technique

Stage	Classification	Main Plan Technique
Site Design	Climate Condition (Sun+Wind, Microclimate)	- Microclimate Analysis of Site and Application Plan - To Maximization of Solar Cooling and Heating - Site Planing Minimize of Soil Pollution and Erosion - Planting and Landscape considering Local Ecology
	Site Condition (Gradient, Topography)	- Site Design Complied with Topography - Block Planing Complied with Topography
	Utilization of Environment	- Utilization of Environment (Wind Break Forest) - Energy Base Plan Utilized with Geothermal Heat and Underground Water
Building Design	Building Form	- fineness ratio of Plan - Shape and Location of Core
	Structural Type	- Considering of Natural ventilation and Inner Environmental Impact
	Building Skin	- Sunshine, Sunlight, Shield, Energy Efficiency
	Sustainable Finish Material	- Choice of Material Minimizing Secondary Reprocessing - Precycling of Material
System Design	Review of Optimum Environmental Control System	- Ground Coupled Heat Pump System, Optimal Water System, Recycling Water System
	Energy Management System	- Natural Lighting System
	Air/Water Quality Management System	- BIPV, Raining Water System, Recycling Water System

7) Presentation for KRIEA, An Introduction to 'Integrated Design'(2011). CMHC(캐나다 연방정부 주택청), P.51-52

8) G. Z. Brown and Mark DeKay, Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies, 2nd Edition, Wiley, 2000

9) 이승복 외, Integrated Design Process에 의한 친환경 건축물, 건축환경설비논문집, Vol.6 No.2 2012년

3. 친환경 디자인 프로세스를 통한 친환경 오피스 계획

친환경 디자인 프로세스는 에너지 절감 목표와 동시에 기후 환경을 반영한 미학적인 측면을 표현하는 중요한 역할을 한다. 대상 건축물은 강원대학교 캠퍼스 내에 있는 약 3,460㎡의 공지에 환경분석을 기반으로 Fig. 5와 같은 전체적인 디자인 개념을 가지고 대지디자인, 건물디자인, 시스템디자인 3단계로 나누어서 각 단계별 구체적인 설계기법을 적용하였다.

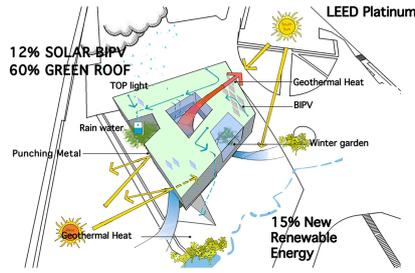


Fig. 5. Eco-friendly Design Concept

3.1. 대지 디자인 (Site Design)

1) 배치계획

① 열

Table 3에서처럼 태양열을 최대한 받을 수 있고 가로 및 외부공간에 최대의 그늘을 형성할 수 있도록 정남향에서 45도를 틀어 남동향으로 배치하였다. 지붕의 경우 옥상녹화를 60%하고 BIPV를 설치하여 열섬 효과를 떨어뜨리고 자연에너지를 효율적으로 이용할 수 있도록 하였다.

Table 3. Site Design regarding sun's radiation

Orientation	Direction of Sun	Arrange of south
BEST ORIENTATION 		

② 빛

건물의 정면은 도로의 방향과 평행하게 맞추어 도시적 정면성을 확보하고 이와 동시에 남서측면과 남동측면의 자연채광효과를 극대화하였다. 건물의 매스는 중정형으로 계획하여 오피스 내부 공간까지 빛이 깊숙이 들어갈 수 있도록 하였다.

③ 환기

계획대지는 남부지방의 난대성 기후와 북부지방의 한랭한 기후의 점이적 특성과 내륙성 기후의 특성을 나타낸다. 계절마다 바람의 편차¹⁰⁾가 심하다. Table 4에서

Table 4. Site Design regarding Ventilation Path

Seasonal wind	Wind path

처럼 남동향으로 배치하여 바람길과 함께 수림대를 형성하여 대지의 평균 온도를 최대한 저감시키고자 하였다. 주 출입구 역시 남쪽에 배치하여 바람길을 열어주어 겨울철 북서풍의 영향을 최소화한다.

2) 생태적 토지이용

계획부지는 Table 5에서처럼 녹지, 잔디, 흙으로 구성된 공지로서 1층 건물면적을 최소화하여 대지 오염 및 열섬 효과를 저감시키고 피로티를 통한 그늘공간을 만들어 커뮤니티 공간으로 활용된다. 기존 잔디 및 흙, 자갈 등 반사율이 낮고 침투성이 높은 재료를 사용하였다. 기존 수목을 그대로 보존하여 활용함으로써 기존 비오톱이 유지되고 활성화되어 생태계 순환이 이루어지도록 하였다.

Table 5. The Main consideration of Site design

Minimize of Building Area	Green	Paving Material

3) 커뮤니티디자인¹¹⁾

Table 6에서처럼 지역사회와 연계하여 대중교통시설과의 접근을 용이하게 하고, 주차공간을 줄였다. 특히, 자전거 도로나 자전거 보관소 등을 두어 커뮤니티 교육이 이루어지도록 하고 보행자 중심의 커뮤니티를 계획하였다.

Table 6. The Consideration of community Access

Gate	Access

3.2. 건물 디자인(Building Design)

1) 평면계획

① 열

태양열을 이용하기 위해 Fig. 6과 같이 표면적이 많은 비율을 남쪽에 두고, 코어 및 공조 공간은 북측에 두었다. 남쪽에 발코니와 방풍실을 두어 열적 완충공간을 계획하고, 중정 주변으로 복도를 두어 열적 완충역할 뿐만 아니라 다양한 입면디자인이 가능하게 하였다.

10) 여름의 경우, 북동풍과 남서풍이 우세하며, 135시간 이상 10km/h ~ 20km/h의 풍속으로 분다. 겨울의 경우, 북서풍이 135시간 이상 10km/h ~ 20km/h의 풍속으로 분다.

11) 본 연구에서 커뮤니티 디자인이란 지역사회와 연계하여 보행자 중심으로 대중교통 이용성을 높이거나, 카풀 프로그램 등 친환경적으로 계획부지로 접근하고, 이를 통해 친환경적이고 지역 주민들의 커뮤니티를 형성하는 것을 의미한다.



Fig. 6. 2nd Floor Plan

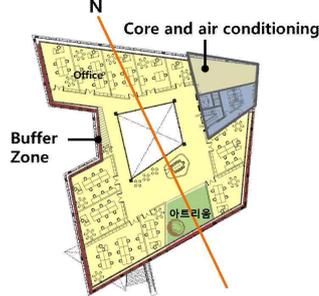


Fig. 7. 3rd Floor plan

② 빛

‘口’자형의 평면으로 구성하고 실 깊이 10m내외로 하여 사무실 양 방향에서 채광이 가능하다. 하였다. Fig. 7과 같이 일사량이 많은 남측과 동서측면에 사무실을 두어 주광률을 높이고, 모든 사무실 근무자들에게 채광과 조망을 확보할 수 있도록 하였다.

③ 환기

중정을 두고 매스를 분절하여 선형의 좁은 평면을 계획하였다. 이로 인해 다양한 외부공간 및 조망을 확보하였고 동시에 자연채광 효과를 높이고 건물 내부로 맞통풍을 유도시켜 사무실에서 자연환기가 원활하게 이뤄지고 여름철 공기 온도를 저하시켜 냉방부하를 저감하도록 하였다.

2) 단면계획

① 열

경사진 지붕녹화를 계획하여 폭우로 인한 오염물질과 외기의 CO₂를 필터링하고 조절한다. 또한, 건물로 들어오는 열을 반사시켜 냉난방부하를 감소시키고 단열과 지붕보호에 효과적이다. 이로 인해 도시 열섬현상을 줄이고 각종 식물, 곤충, 새 등의 야생 생태계를 조성토록 계획하였다. 아트리움을 통해 채광 및 통풍 효과를 얻었다. 내부에는 루버를 설치하여 필요한 빛을 들여오고 과부하를 막기 위한 채광효과까지 얻을 수 있다. Table 7에서처럼 여름에는 아트리움 상부에 전동개폐창호를 설치하여 상부 복사열을 배기하고, 겨울에는 천창 및 천창에 설치된 반사경을 통해 일사를 깊이 유입하여 자연채광이 되게 한다.

Table 7. The Section of Atrium

Summer	Winter

② 빛

경사진 유리로 구성하여 일사 조절이 유용하고, 고층창과 광선반을 통해 외부 직달 일사의 실내 유입을 조절하여 현휘의 문제점을 해결하고, 창문 측에 도달한

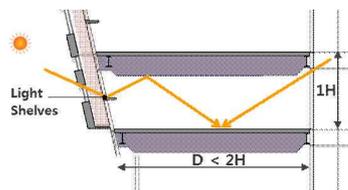


Fig. 8. The depth of light

직달 일사를 건물 내부로 깊이 유입될 수 있도록 하였다. 아트리움의 높은 층고와 이중유리를 통해 내부 깊숙이 자연광이 들어올 수 있도록 하여 전체적으로 건물공간의 95%가 조망, 채광, 자연환기를 극대화하도록 설계하였다.

③ 환기

지붕형태에 따라 내부에는 높은 천장과 큰 공간이 생기고 높은 천장은 더 많은 자연광을 들여올 뿐만 아니라 고층창과 팬시스템을 통해 실내 환기 효과를 얻을 수 있다.

Fig. 9처럼 아트리움의 연돌효과를 통해 환기효과를 얻었다. 필로티 공간과 중정을 통해 여름바람의 흐름을 원활히 하도록 하여 자연환기가 충분히 이루어지도록 하였다.

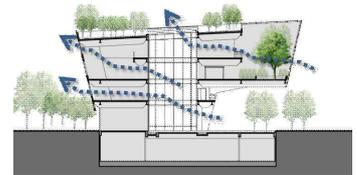


Fig. 9. The ventilation plan

3) 입면 및 외피계획

① 열

사선 프레임으로 구성된 외피는 Fig. 10과 같이 구조이자 차양 역할을 하여 여름철 일사부하를 줄이고 겨울철 자연채광 및 일사율을 최대화하면서 입면에 동적인 리듬감을 부여하였다. 창면적비를 북측 10%, 동서측 30%, 남측 51%로 설정하여 냉·난방 부하를 저감시켜 열손실을 감소시켰다. 또한, 골조프레임 사이에 빗물이 흐를 수 있는 통로를 계획하여 증발냉각효과로 냉방 부하를 저감시켰다.



Fig. 10. Skin Structure

남측면은 루버와 로이유리로 된 이중외피(Double Skin)¹²⁾를 계획하여 여름철 냉방부하를 줄이고 겨울에는 열적 완충공간을 형성하여 난방부하를 절감할 수 있다. 동서측면은 여름철에 열을 반사하고, 겨울철에 열을 흡수시킨다. 계절과 관계없이 이중외피의 중공층을 통한 실내공기의 순환이 가능하다. 입면과 일체형화 시킨 BIPV(태양광 발전시스템)는 태양광 전기 생산을 극대화하고, 건물내로의 직사광선을 반사하고 건물 외피는 열전달을 최소화한다.

② 빛

남측면에 발코니와 루버를 두어 과도한 일사량을 조절하고 광선반(Light Selves)을 두어 겨울철에 실 내부로 깊숙이 자연광을 유입시킨다. 동서측면은 수직형 루버형태인 디자인된 펀칭금속(Punching Metal)을 두어 자연환기를 돕고 서향의 직달일사를 방지하며 실내 냉방부하를 줄이고 눈부심을 최소화시켜준다. 이중외피 또한 중공층을 통해 자연환기가 가능하며 일정한 너비에 의해 하절기 태양의 직접적인 일사를 감소시켜 차양역할도 한다.

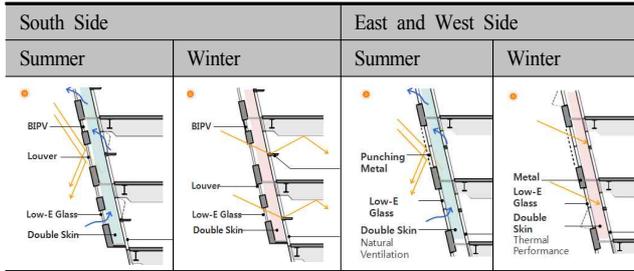
③ 환기

이중외피의 외측에 면한 면은 열린 외피로서 이중외피

12) 이중외피 시스템(Double Skin System)은 외피를 이중으로 만들고 그 사이의 중공층에 블라인드를 설치한 것으로 외부의 자연환경을 적극적으로 활용하는 시스템이다.

내부의 과열현상을 없애고 개폐창을 통한 간절기 자연효과를 극대화할 수 있다. Table 8과 같이 개폐가능한 창문을 두어 덥고 습한 여름공기와 겨울철 찬공기의 침투를 조절하여 쾌적한 공기를 유지할 수 있다. 경사지붕의 매스를 통해 바람을 조절할 수 있도록 하였다.

Table 8. The Section concept of Double skin section



④ 우수

강수량이 비교적 많은 계획부지의 특성을 반영하고 경사지붕으로 계획하여 특히 옥상녹화를 하여 에너지 측면뿐만 아니라 폭우의 처리를 도울 수 있고 우수를 집수하여 빗물 시스템을 이용하여 조경수 및 화장실 물로 사용될 수 있도록 하였다. 기존 부지 환경을 최대한 반영한 침투성이 좋은 재료로 포장되어 빗물이 사이트에 침투시켜 땅 위를 흐르는 빗물을 대략 80%까지 감소시켰다.

⑤ 재료

친환경 건축물 계획 시 계획적인 부분과 시스템적인 면에서도 중요하지만 건축물을 이루는 주재료에 대한 검토도 중요하다. 본 계획에서는 Table 9와 같이 제안하였다.

Table 9. Eco-friendly Material

Material	Characteristic
Steel Structure	· Partial Using Recycling Steel Structure
Wood Louver	· Using Wood in Nearby Site
Vacuum Insulation	· Supplementation of Curtain Wall Weak Point
External Insulation system	· Heat Transference of Exterior Wall: 0.08 W/m ² K
Low-E Coating Glass	· Using Low Emissivity Coating · Remove Heat Transference through window
Triplex glass	· 52mm Triplex glass(6cl+18.5a+3cl+18.5a+6low-e) · Reduce heat transfer coefficient of Window system

3.3. 시스템 디자인 (System Design)

1) 빛환경

자연채광시스템¹³⁾을 사용하여 인공의 빛이 아닌 주간 자연광을 창 등 개구부에서 건축 공간에 채광하는 주간 조명 방식을 통해 조명에너지 절약을 도모하였다. 본 건물에서는 자연광을 통해 실내 내부 조도가 500lux 이상을 도달할 경우, 자동적으로 실내조명이 절약할 수 있도록 하였다.

2) 열환경

연중 일정한 온도(약 15도)를 유지하는 지열의 특성을 이용하여 히트 펌프를 고효율 운전, 건물 냉난방에 대한 에너지효율을 높이는 지열 히트펌프(Heat Pump) 시스템을 적용하였다.

3) 재생에너지

벽과 지붕의 외피에 BIPV(태양전지)를 모듈화하여 건물과 일체형으로 설치하여 전등, 전열 설비의 동력원으로 사용할 수 있도록 하여 건물 전체 소비에너지의 12%를 확보할 수 있도록 하였다. 건물 옥상 및 대지 내 우수, 지하수를 집수하여 중수 원수 및 조경수로 재사용하는 시스템으로 수자원 절약 및 홍수 예방 기여하였다. 세면기 배수, 샤워배수 등 한번 사용된 수돗물을 중수 처리하여 화장실 세정수, 조경 용수 등으로 재활용하는 시스템으로 최대 50%까지 수자원을 절약할 수 있다.

4) 에너지 효율적인 공조 시스템

가변 풍량 공조 방식¹⁴⁾을 적용하여 실내에 설정된 온도를 유지하기 위하여 들어오는 공기량을 각 존 부하에 맞게 풍량을 조절하여 반응동력을 줄여 냉난방 에너지 소비를 줄일 수 있게 하였으며, 부하 변동에 따라 순간적인 대응이 빨라 쾌적성이 향상되게 설계하였다.

4. 에너지 소비량 분석

건물에서 소비되는 에너지를 절감하기 위하여 계획 및 설계 단계에서 에너지 시뮬레이션(Building Energy Simulation)을 이용한 건물 성능을 검증하였다. 이를 통해 디자인의 대안과 최적의 성능을 가지는 대안을 설정하고 선택하는 과정을 통해 디자인이 우수하면서도 소비가 적은 친환경적인 건축물을 계획하려 하였다.

4.1. 에너지 시뮬레이션

e-Quest 프로그램¹⁵⁾을 이용하여 계획안의 성능을 분석하였다. 건물의 에너지 부하를 최소화하기 위해 건물에 실제로 적용되고 있는 기술들을 중심으로 적용하여 건물 에너지 해석을 실시하였다. 적용된 기술들을 통해 사무소 건물에서 발생하는 냉·난방 에너지를 단위 면적으로 나누어 정량적으로 분석하였다. 건물의 외벽 및 창호의 열관류율, 내부발열 및 환기 및 침기율, 냉·난방 시스템, 냉난방 온도 등은 다음 Table 10과 같다.

- 13) 자연채광시스템은 독립형 채광기를 이용하여 태양광에 의해 입사된 빛을 빛의 직진성과 반사성을 이용해 실내로 전송한다.
- 14) 가변 풍량 방식(Variable Air Volume System)은 공조해야 할 구역의 열부하 증감에 따라 온도 및 습도를 유지시키는 공조방식이다.
- 15) e-Quest(the Quick Energy Simulation Tool) 프로그램은 DOE-2 분석 알고리즘을 바탕으로 그래픽 인터페이스 적용으로 손쉽게 건물 정보를 입력할 수 있는 프로그램이다. 지역 기후데이터를 바탕으로 건물 모델링 및 냉, 난방 시스템을 입력하여 건물 성능을 빠르고 정확하게 해석할 수 있다.

Table 10. Input Data for energy consumption analysis

Classification	Input Data
Building Envelope Structure	·Roof: 200mm Con./Insul. 100mm/Roof Fin. ·Exterior Wall: 300mm Con./Insul. 76mm/Marble Fin. ·Floor: 200mm Con./Carpet ·Ceiling: Plaster Fin.
Infiltration	·Perimeter: 0.038 cfm/sf, Interior: 0.001 cfm/sf
heat transfer coefficient of windows	·U value: 1.2 W/m2K(0.19BTU/hr·sf·°F) ·SHGC: 0.320, Visible transmittance: 0.530 ·Frame Type: Structural Galz, Curtain Wall Type
Shade	·Use: 20%, Non-use: 80% Blind closed
Day Light	·Method: CA Title 24-2008 application ·Design Intensity of Illumination : 50fc (538lux) ·Light Control System: 20% reduction
Occupants	·Hour: 08:00~18:00, Occupants: 5m ² /person
Light	·Office:11.8W/m ² (1.10W/sf) ·Lobby W/m ² (0.74W/sf) ·Toilet 4 W/m ² (0.37W/sf), etc Instrument : 7W/m ² ·Office:11.8W/m ² (0.75W/sf)
Heat Source	·Cooling: Chilled Water Coils, Heating: Hot Water Coils
System	·Cooling: 26°C, Heating: 20°C ·Cooling: Interior-23.8°C/Supply- 15.5°C ·Heating: Interior-22°C/Supply- 33.3°C ·Design Blowdown Flow :0.50cfm/ft2 ·VAV min. flux : CORE40% / FLOW:30% ·HVAC: fan operation before building operation 1 hour

입력 데이터를 반영하여 에너지 시뮬레이션 결과는 Table 11과 같다. 전기 사용량(냉방부하)은 7월과 8월이 가장 많고, 가스 사용량(난방부하)은 12월과 1월이 가장 많았다.

Table 11. Annual Energy Consumption

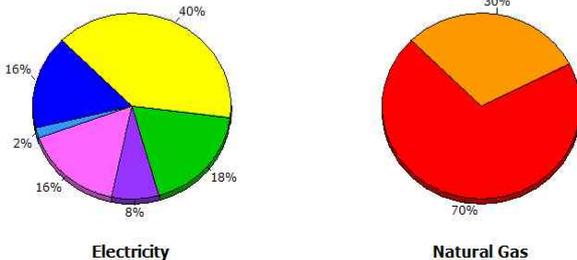
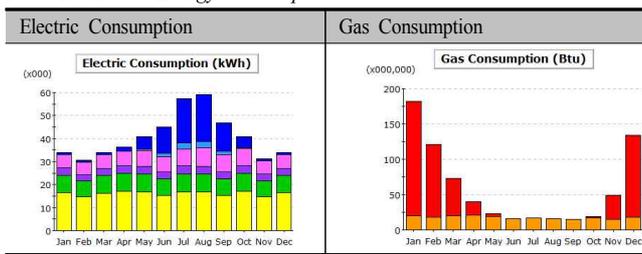


Fig. 11. Annual Energy Consumption

Fig. 11와 같이 연간 에너지 소비량 중 전기사용량(냉방부하)은 조명에너지가 가장 컸고, 가스사용량(난방부하)은 난방에너지가 가장 많이 소모되었다.

입력 데이터를 기준으로 분석한 결과 단위 면적당 에너지 소비량 산출한 결과는 Table 12와 같다.

Table 12. Air conditioning and heating Energy Consumption per unit area

Gross area (m ²)	Air Conditioning area (m ²)	Total Air Conditioning (kWh)	Total Heating Energy (kWh)	Air Conditioning Per Unit Area (kWh/m ²)	Heating Energy Consumption Per Unit Area (kWh/m ²)
5,305.6	4,077.9	80,190.0	144,478.2	19.66	35.43

냉방에너지 소비량의 경우 20kWh이하로 산출되었고, 난방에너지 소비량의 경우 35kWh 수준으로 산출되었다. 설계안의 건물은 2013년 서울시 녹색건축물의 설계기준¹⁶⁾ 보다는 약 10%정도 수준의 에너지 소비를 하는 건물로 에너지 제로하우스와 근접한 유럽의 패시브하우스의 기준을 만족한다. 계획안의 건물은 현재의 녹색건축물로 지정된 건물보다도 운영비를 90%까지 줄일 수 있다는 것이며, 일반건축물에 비해서는 그이상의 절감효과가 있다.

4.2. 설계 예비 등급 평가

에너지와 환경을 감안한 설계 지침서 중 하나인 LEED 평가 시스템을 이용하여 본 건축물의 친환경 성능을 평가하고 정량화하였다. 특히, 본 계획안은 사무소 형태의 신축 건물로써 건물에 들어가는 시스템이 비주거형 건물에 해당하여 LEED-NC¹⁷⁾로 평가하였다.

대지 디자인 단계에서 친환경 계획으로 기본시설이 갖춰지고 기존 출입구가 있는 대학 캠퍼스 내 대지를 선정하고, Credit1, Credit2, 커뮤니티디자인을 통해 Credit4.1, Credit4.2, Credit4.3, Credit4.4에서 점수를 받았다. 대지 개발을 최소화하고 오픈스페이스를 확대하고 투수성 포장을 하여 Credit5.2, Credit6.1, Credit6.2에서 점수를 받았다. 특히, 옥상녹화나 BIPV를 통해 Credit7.1, Credit7.2에서 점수 등을 얻어 SS분야에서 25점을 획득하였다.

건물 디자인 단계에서 지붕 녹화 및 빗물 통로를 고려한 입면 및 외피 구성으로 WA분야에서는 Credit1, Credit2 등에서 점수를 얻었다. MR분야에서 일부 재활용 자재를 사용하고, 재활용 물질을 많이 포함한 재활용 자재 사용, 부지 인근에서 가공 생산되는 자재를 일부 사용하는 등을 통해 Credit3, Credit4, Credit6, Credit7 등에서 점수를 얻었다. 중정형의 남향 배치, 이중외피, 아트리움, 친환경 마감재 등을 계획하여 자연환기를 최대화 하고 실내 쾌적성을 유지하여 IEQ분야에서는 Credit1, Credit3.2, Credit4.1, Credit4.2, Credit4.3, Credit5, Credit6.1, Credit6.2, Credit7에서 점수를 얻었다. 기존 대학 캠퍼스에 계획함으로써 SS분야 뿐만 아니라 ID분야에서도 Credit1.1, Credit1.1에서도 점수를 받았다. 또한 옥상의 BIPV를 통해 Credit1.2에서 점수를 받았다. RPC분야에서는 우수를 재활

16) 2013년 서울시 녹색건축물 설계기준은 업무시설의 단위면적당 에너지 소비량이 280kWh/m²이다. 이는 2012년 300kWh/m²의 기준보다 약 5%로 강화된 기준이다.

17) LEED-NC는 New Construction System의 약어

