

친환경 건축 설계 아카데미 지상강좌

Sustainable Architecture Academy paper lecture

목차

1. 지속가능한 건축과 도시	김광현	서울대학교
2. 친환경건축의 개념과 이해 친환경건축정책 및 친환경인증제	이윤하 김민철	생태건축연구소 국토해양부
3. 지속가능한 도시설계 및 단지계획 친환경적 토지이용 및 외부공간계획	이승일 이아영	서울시립대학교 (주)힘 종합건축사무소
4. 패시브건축설계 개념 및 방법 액티브시스템 건축계획과 설비 시스템	조 한 이응직	홍익대학교 세명대학교
5. 고성능 파사드 및 외벽설계 친환경재료 및 자재적용	박기우 이선영	비정형연구소 서울시립대학교
6. 건축의 재활용 및 생애주기비용을 고려한 유지관리	이해욱	우송대학교

지구라는 한정된 자원을 사용하며 살아가는 인류에게 지구의 온난화와 에너지 자원의 고갈 등은 인류의 미래를 보장 할 수 없는 단계에 이르렀다. 몇 번의 오일쇼크와 오존층의 파괴 등 지구환경의 변화는 이제 남의 일이 아니다. 세계적인 관심사가 이제야 친환경으로 모아지는 것은 오히려 늦은 감이 있다. 건축계에서도 친환경 및 지속가능한 건축이란 명제가 화두가 된지도 몇 해가 지났다. 그러나 아직도 구체적인 실천이 미흡한 것도 사실이다. 그 이유로는 막연한 개념과 건축에의 구체적인 적용방법의 이해 부족에서 기인한 점도 적지 않다고 본다.

이에 「건축사」지에서는 우리협회의 “친환경건축설계아카데미 건축강좌”의 내용의 일부를 선정하여 요약, 연재함으로써 친환경건축에 대한 회원들의 이해를 돕고, 친환경 건축이 활성화 될 수 있도록 하고자 한다. 실무에 도움이 될 수 있었으면 하는 바람이다.

4-1. 패시브 건축설계 개념 및 방법

필자 : 조한, 홍익대학교 교수

Joh, Hahn



조 한은 홍익대학교 건축학과, 예일대학교 건축대학원을 졸업하였고, 2009년 젊은 건축가상, 2010년 서울특별시 건축상을 수상하였다.

현재 홍익대학교 건축대학 교수이며, 한디자인(HAHN Design) 대표로써 건축/철학/종교/영화의 생성적 경계에 서 생성(시간)/생태(공간) 등에 관한 다양한 건축적 실험을 하고 있다.

대표작품으로는 M+, P-house, LUMA, White Chapel, Geomorphology(경계적 지형) 등이 있으며, '들뢰즈 철학과 SANAA 건축의 비표상적인 생태적 사유', '원불교 교리의 현대적 건축 구현 방법 연구', '건축가 조한의 건축철학 : 관념과 감각의 사이 그리고 생태성', 'The Ecological Paradigm in Architecture', '영화 Kille B에과 들뢰즈의 시간이미지' 등 건축/철학/영화/종교에 관한 다양한 작품과 글을 통해, '건축철학(철학-건축에 글쓰기)'과 '철학건축(건축-철학에 집짓기)'을 시도하고 있다.

4-2. 액티브시스템 건축계획과 설비 시스템

필자 : 이응직, 세명대학교 건축공학과 교수

Lee, Eung-jik



국내에서 전기공학과를 졸업하고 독일 도르트문트대학교에서 건축학 학사과정과 석사학위 후 동 대학 친환경건축연구소에서 '건물일체형 태양광발전(BIPV)'이란 주제로 건축공학 박사학위를 받았으며, 주 전공 이외에 건물에너지, 패시브건축, 생태건축 등이 관심 및 연구 분야이다.

현재 대한건축학회 정회원, 한국태양에너지학회 및 한국생태환경건축학회 학술부회장, 행정복합도시 저탄소도시

조성방안 연구자문위원 및 자체평가위원, 한국녹색정책연구소 이사 등으로 활동하며 대한건축사협회를 비롯한 여러 단체에서 학생 및 시민·공무원을 위한 태양에너지 및 BIPV교육 프로그램에서 강의 중이다.

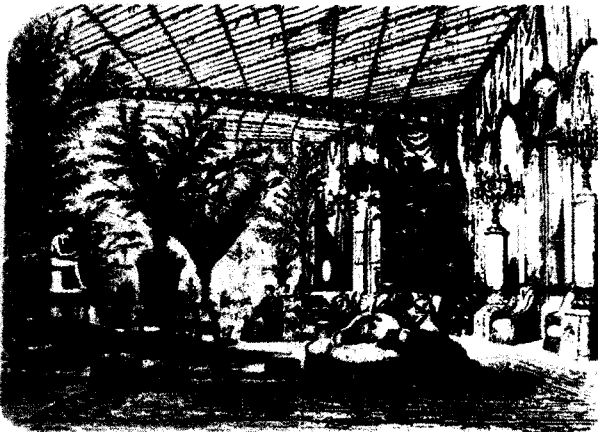
저서로는 건축과 태양광발전(역서), 건축환경의 이해(공저), 친환경건축설계 가이드북(공저) 등이 있다.

4-1. 패시브 건축설계 개념 및 방법

4-1. Passive Solar Design Concept

‘패시브(Passive) 건축’은 무엇인가? 액티브(Active) 건축이 신재생 에너지 및 최신 친환경 설비를 통해 기술 중심의 친환경 건축을 시도하는 반면, 패시브 건축은 채광, 환기, 단열 등 아주 기본적인 건축적 요소를 활용하여 친환경 건축을 시도하는 설계 중심의 접근방법이라 할 수 있다. 패시브 건축은 크게 태양열을 난방용으로 직간접적으로 활용하는 패시브 솔라/난방(Passive Solar)과 차양/통풍/축열체 등을 냉방용으로 활용하는 패시브 냉방(Passive Cooling)으로 나눌 수 있다.

패시브 솔라/난방(Passive Solar)



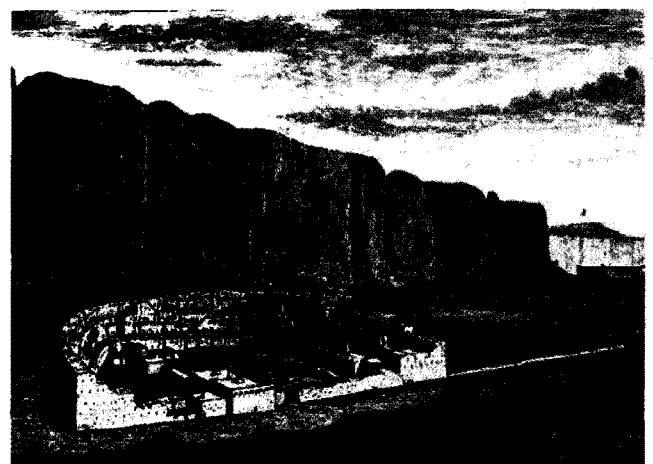
태양열을 이용하여 실내 공간을 직접적으로 데우는 아주 기초적인 패시브 난방(Passive Solar)의 사례는 오래전 로마 유적에서도 찾을 수 있다. 로마에 이르러 최초의 유리가 개발됨에 따라 귀족들은 자신들의 저택에 선룸(Sun Room)을 붙여 일 년 내내 야채와 과일을 먹을 수 있게 하였다고 한다. 이는 온실 효과(Greenhouse Effect)를 이미 고대에 활용한 사례로, 로마 건축가 비트루비우스(Vitruvius)는 자신의 ‘건축십서’에서 이러한 다양한 방식의 패시브 난방 사례를 언급하고 있다. 18세기에 이르러서야 유리가공 및 제작기술의 급진적 발전으로 인해 다양한 형태의 독립적인 온실(Greenhouse)이 만들어지기 시작했으며, 주거와 일체화된 온실로 발전해 나가게 된다. 이러한 일체형 온실(Conservatory)은 다양한 야채와 과일을 재배할 수 있는 전통적인 온실의 기능뿐 아니라 거실공간을 확장하여 다양한 활동이 가능한 선룸(Sun room) 또는 선스페이스(Sun space)의 새로운 방식의 공간을 창출하게 되었다. 이러한 온실과 선스페이스 개념은 현대

건축에서는 다양한 방식의 아트리움으로 나타나고 있다.

축열체를 이용한 패시브 난방의 대표적인 사례로는 미국 서남부에 위치했던 고대 푸에블로(Pueblo) 또는 아나사지(Anasazi) 문명을 꼽을 수 있다. 기원전 1000년 전에 나타난 것으로 추정되는 이들 문명은 최대한 일사량을 확보하기 위하여 남향의 절벽에 공동체를 형성하였는데, 절벽을 거대한 축열체로 활용하여 낮의 태양열을 최대한 축적하여 추운 밤에 따뜻한 절벽의 열기를 난방으로 활용하였다. 또한 푸에블로(Pueblo) 인디언들은, 남향을 향한 반원형 모양으로 공동체를 구성하여 낮에는 최대한의 일사량을 확보할 뿐 아니라, 엄청난 무게의 구조체를 축열체로 활용하여, 낮에 저장한 태양열을 야간에 난방용으로 재활용하였다.

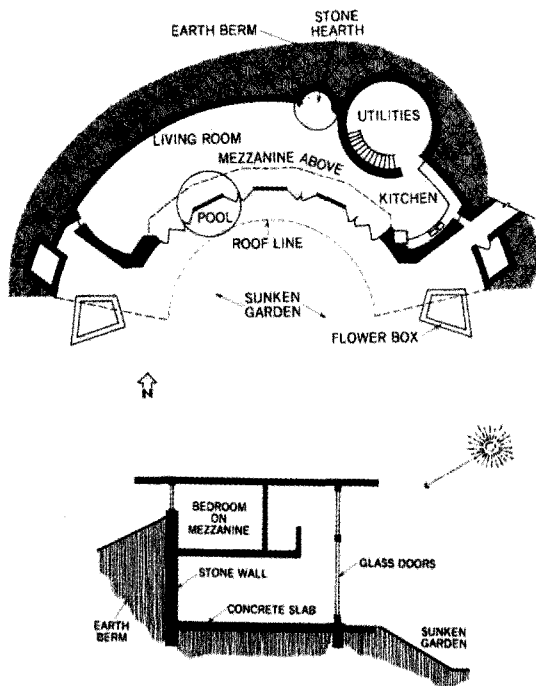


[Cliff Palace, Mesa Verde National Park, CO, US]



[Pueblo Indian Settlement]

현대적인 의미의 패시브 건축 사례로는 프랭크 로이드 라이트(Frank Lloyd Wright)가 설계한 제이콥스 하우스(Jacobs II House)를 꼽을 수 있다. 남향의 반원형의 건물 평면은 겨울철에 태양열을 최대한 확보할 수 있으며, 2미터가 넘는 거대한 처마는 여름철의 강한 햇볕을 막아준다. 또한 실내의 석조 및 벽돌마감과 콘크리트 바닥은 축열체(Thermal Mass)로서 겨울철 낮의 따뜻한 태양열을 저장하여 추운 밤에 실내로 열을 복사하는 패시브 난방 기능을 수행할 뿐 아니라, 여름철 창을 통해 들어오는 햇볕으로 인해 발생하는 과잉의 열을 축열체에 저장하여 상대적으로 시원한 밤에 방출하는 패시브 냉방의 역할도 하고 있다. 또한 건물은 추운 겨울의 바람을 피하고 단열성능을 높이기 위하여 북쪽 땅속에 반쯤 묻혀 있으며, 북쪽 2층에는 고창을 뚫어 여름철에 원활한 자연통풍을 유도할 수 있게 하였다.



차양/차광(Shading)

뜨거운 태양을 막아주는 차양/차광(Shading)은 패시브 건축에서 아주 중요한 요소로써 역사와 지역에 따라 다양한 방식으로 활용되어 왔다. 덥고 습한 기후에서는 차양은, 자연통풍을 위해 크게 뚫어 놓은 개구부를 강한 햇볕으로부터 보호해주는 역할을 할 뿐 아니라, 차양 밑에 그림자를 드리워 시원한 외부 공간을 만들어 주는 역할을 한다.

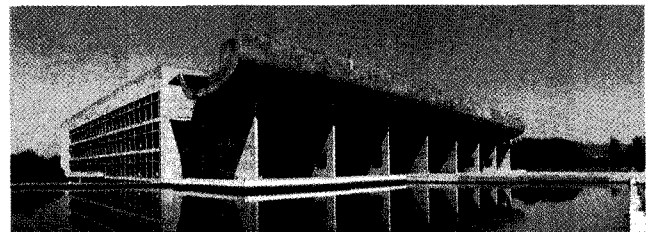
과거 서양 건축에서는 차양이 주로 열주, 포티코, 로지아 등의 형태로 나타나는데, 그리스 신전에서 자주 발견하는 열주공간(Colonnades), 로마 판테온 앞의 포티코(Portico), 팔라디오의 건물에서 흔히 발견할 수 있는 로지아(Loggia) 등이 그 사례이다. 반면 동양에서는 병산서원 만대루 처럼 주로 긴 처마의 형태로 나타나는데, 미달이/미서기 방식으로 열수 있는 경량 스크린 창회벽체는 처마에 매달아 여름철 자연통풍과 자연채광을 최적화 할 수 있었다.



[Pantheon, Rome, Italy]

[병산서원 만대루]

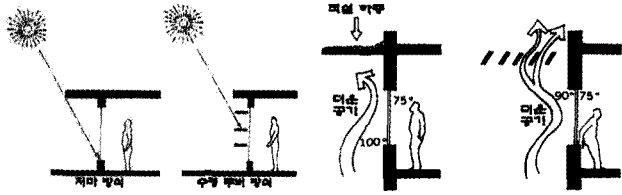
현대건축에서 패시브 건축 요소로서의 차양은 르 꼬르뷔제의 건축에서 쉽게 발견할 수 있다. 인도 상디갈의 강한 햇살과 더위에 대응하기 위해 르 꼬르뷔제는 각 입면별로 태양의 입사각에 효과적으로 대응하기는 다양한 방식의 차양 시스템을 활용하였다. 특히 르 꼬르뷔제의 상디갈 국회의사당을 보면 남쪽에는 거대한 수평의 캐노피를 설치한 반면 서쪽에는 격자형태의 입면을 구성하였다. 이는 남향과 서향의 태양 입사각의 차이를 고려한 패시브 건축설계의 좋은 사례라고 할 수 있다. 우리 주변에서 종종 선 스크린(Sun Screen) 또는 루버가 동서측에도 수평으로 설치된 사례를 보곤 하는데, 수평형 스크린/루버는 태양의 입사각이 높은 남향에만 적합한 방식이다. 동측 또는 서측은 태양의 입사각이 낮기 때문에 수평형 루버보다는 수직형 또는 격자형 루버가 더 적절하다. 특히 상디갈과 같이 더운 지방의 경우 여름철 태양이 북동쪽에서 뜨고 북서쪽으로 지기 때문에 태양의 낮은 입사각에 대응하기 위해 동서측에서는 수직형 또는 격자형 루버가 필수적이다.



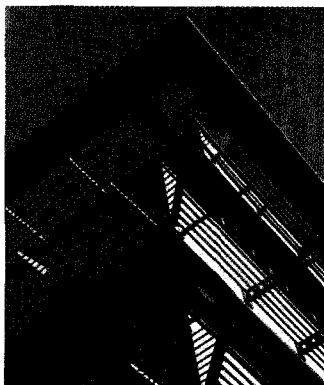
[Palace of Assembly, Chandigarh, India (Le Corbusier), 1955]

수평형 루버는 태양의 입사각을 고려하여 내부에 직사광이 들어오지 않도록 적절한 깊이와 개수로 설정해야 한다. 단일 매스형 루버가 적설하중과 풍압으로 인해 상대적으로 두꺼운 구조를 필요로 하는 반면, 개방적인 스크린형 수평 루버는 적설하중 및 풍압이 작아 보다 가벼운 디자인이 가능하다. 또한 스크린형 수평 루버는 상승하는 더운

공기의 흐름을 방해하지 않아, 전체적으로 자연환기 및 통풍에 유용한 차양 방식이다.



[수평형 루버 깊이와 폭] [단일형 루버와 스크린형 루버 비교]



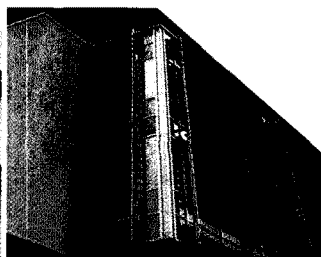
[스크린형 수평 루버]

여름과 겨울의 태양의 입사각 변화와 계절별 온도에 따른 냉방과 난방 요구에 보다 적절하게 대응하기 위하여, 외부형 롤링 스크린, 수직/수평형 회전 루버 등 이동식/개폐형 차양 또는 루버를 사용할 수 있다. 내부형 롤링 스크린, 커튼 등은 비록 직사광을 차단해주는 하지만, 건물 내부로 이미 태양열이 들어온 다음에 대처하는 방식이기

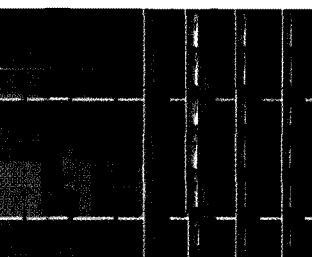
에 효과적인 패시브 솔라 방식이라고 할 수 없다. 활엽수 역시 계절의 변화에 적절하게 대응하는 차양요소로 활용이 가능한데, 잎사귀가 떨어지는 겨울에는 햇빛을 통과시키는 반면, 무성한 여름철에 강한 햇빛을 막아준다. 조정수를 차양 요소로 활용한 경우 상대적으로 인공적인 차양/루버보다 저렴하지만 관리상 문제와 조망 제한 등 단점도 있다.



[외부형 롤링 스크린]



[수평형 회전 루버]



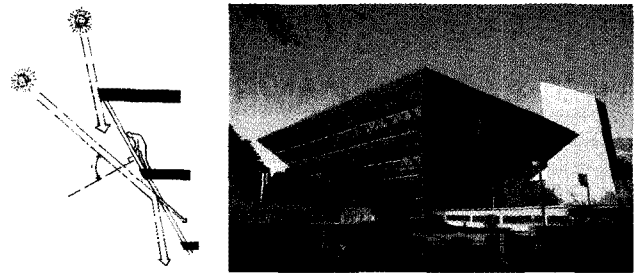
[수직형 회전 루버]



[입면녹화/덩굴식물]

차양효과는 건물 자체의 형태로도 가능한데, 피라미드를 뒤집어 놓은 것 같은 미국 아리조나주 템페 시청의 독특한 형태는 아리조나 사

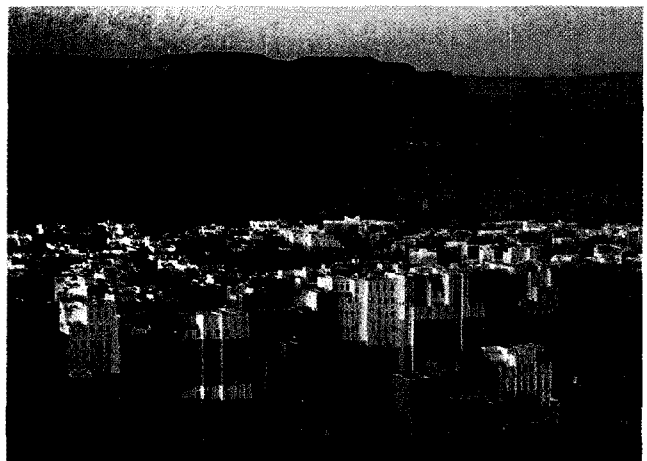
막의 강한 태양에 대응하기 위한 것으로, 경사진 입면은 태양의 입사각보다 작아 내부 공간으로의 직사광선 유입을 불가능하게 한다.



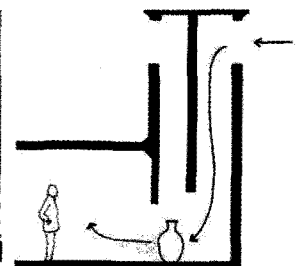
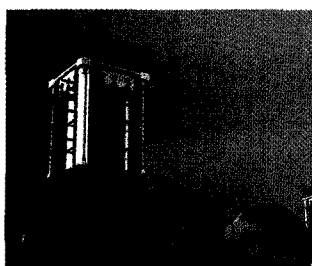
Tempe City Hall, Tempe, AZ, US (Michael & Kemper Goodwin), 1971

패시브 냉방(Passive Cooling)

패시브 냉방(Passive cooling)은 기후에 따라 패시브 난방(Passive heating)과는 다른 전혀 다른 방식의 패시브 시스템을 요구한다. 덥고 건조한 기후대에 적절한 패시브 냉방 방식으로는 축열냉방과 기화냉방을 꼽을 수 있다. 축열냉방은 건조한 기후대의 낮과 밤의 온도차를 이용하는 것으로, 축열체가 낮의 열을 흡수하여 밤에 저장된 열을 방출하게 하는 방식으로, 상대적으로 더운 실내 온도에도 불구하고 쾌적한 느낌을 받는 것은, 주변 공기보다 상대적으로 차가운 축열체가 복사 에너지 형태로 신체의 열을 빼앗아가기 때문이다. 기화냉방은 분수나 수공간을 활용하여 덥고 건조한 공기에 찬 수증기를 뿜어 주어 공기 중의 열을 제거하는 자연 냉방 방식이다.

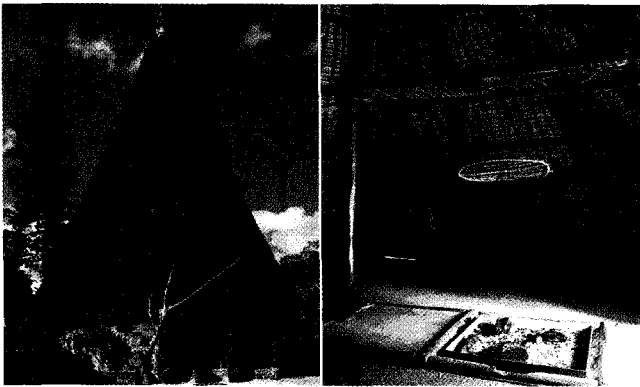


[Shibam, Yemen/축열냉방]



[Wind Tower/기화냉방]

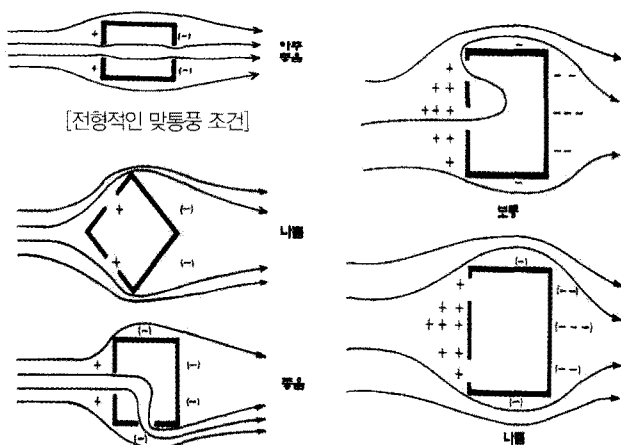
덥고 습한 기후대에서는 건조한 기후대와 달리 밤낮의 온도차가 작아 축열냉방 효과가 미미하여, 갈대 또는 짚 등 가벼운 건축부재와 큰 개구부를 통해 최대한 자연통풍을 확보하는 것이 중요하다. 특히 뉴칼레도니아 지방의 원추형 전통주거는 높은 실내공간을 확보하고 있는데, 이는 공기의 적층화 현상과 굴뚝현상(Stack Effect)를 활용하기 위한 것으로, 상부로 상승한 더운 공기는 초가지붕 사이로 빠져나가고, 시원한 공기가 아래로 가라앉아 쾌적한 실내 온열환경을 만들어 준다.



[Kanak House, New Caledonia/자연통풍+굴뚝현상]

자연통풍(Cooling with Ventilation)

자연통풍은 패시브 냉방의 제일 기본적인 것으로, 적절한 자연통풍을 위해서는 주변 공기의 흐름, 적절한 창 위치, 개수, 크기, 방향을 설정하여야 한다. 자연통풍을 최적화하기 위해서는 건물 앞뒤의 압력 차이를 최대한 활용해야 한다. 예를 들어 바람이 부는 쪽의 대칭의 개구부는 압력 차이가 발생하기 힘들기 때문에, 개구부의 크기에 상관없이 실내의 공기 흐름을 기대하기 어렵다. 오히려 비대칭적인 개구부로 인해 발생한 공기의 압력 차이를 활용하여 자연통풍을 유발할 수 있다. 일반적인 맞통풍 구조가 어려운 공간에서 이러한 비대칭적 개구부 배치는 매우 효과적이다.



[대칭적 개구부와 비대칭적 개구부 비교] [비대칭적 개구부 배치]

아트리움 디자인에 관한 몇 마디...

최근에 초호화 청사 논란이 불면서 아트리움은 에너지 낭비의 대표적 건축요소로 지탄을 받으며 심지어 이미 건축허가를 받은 아트리움 유리가 조적조나 석조벽으로 대체되는 수모를 당하는 경우도 있었다. 그렇다면 과연 아트리움은 에너지 낭비의 진원지이고 패시브 건축 설계적인 측면에서 전혀 가치가 없는 반친환경적 건축요소인가? 아니다. 만약 패시브 건축설계 개념을 바탕으로 두고 아트리움이 디자인되었다면 아트리움은 에너지를 절약할 뿐 아니라 쾌적한 실내 공기 환경을 구축할 수 있는 아주 유용한 친환경적 건축 요소이다.

그러기 위해서는 몇 가지 디자인 조건이 충족되어야 한다.

1) 아트리움은 주변 매스/공간보다 높아야 한다. 대부분의 청사 및 오피스를 보면 아트리움은 주변 매스보다 낮은 경우가 많은데, 이럴 경우 온실효과에 의해 온도가 급격히 상승하는 여름 한 낮에는 아트리움 내부 공간의 상부 온도가 35도, 하부 온도가 20도로 무려 15도 이상 차이가 날 수 있는데, 이럴 경우 아트리움 상부 공간과 맞닿아 있는 층들은 적절한 온도를 유지하기에 추가로 엄청난 냉방부하가 걸릴 수밖에 없다. 이러한 문제점은 친환경적인 디자인 의식없이, 큰 매스에 작은 아트리움을 붙이는 디자인 습관 때문이다. 아트리움 공간을 주변 공간보다 높이면 이러한 문제는 쉽게 해결할 수 있다.

2) 굴뚝효과를 활용하여 온실효과로 인해 내부에 축적되는 과도한 열을 밖으로 배출할 수 있어야 한다. 다층의 아트리움 공간은 당연히 차가운 공기가 가라앉고 더운 공기가 상승하는 굴뚝효과가 발생하는데, 이렇게 자연스럽게 상승한 더운 공기를 상층부로 빼낼 수 있는 적절한 환기 시스템이 구축되어야 한다. 특히 빠른 공기에 지나갈 때 압력이 낮아지는 베르누이 효과(Bernoulli Effect)를 활용한다면 아트리움 상부에 갇혀있는 더운 공기를 아주 효과적으로 제거할 수 있으며, 이런 과정에서 상대적으로 압력이 낮아진 아트리움 내부 공간은 다시 상대적으로 시원한 외부 공기를 끌어들이어 자연스럽게 내부 공간에 공기 흐름을 만들 수 있다.

3) 여름철 직사광을 막아줄 수 있는 적절한 방향과 차광 요소가 필요하다. 최적의 아트리움 방향은 당연히 남향이다. 이는 수평형 썬스크린/루버를 활용하여 높은 입사각의 여름철 직사광을 막기 쉽기 때문이다. 종종 동/서향의 아트리움 공간을 볼 수 있는데, 특히 서향은 수직형 썬스크린/루버를 활용하더라도 적절하게 직사광을 막기가 어려워, 과도한 냉방부하를 요구하는 대표적인 반친환경적 건축요소로 전락할 수밖에 없다. 적절한 방향과 차광 요소 없이는 친환경적인 아트리움 디자인이라 할 수 없다. ■

4-2. 액티브시스템 건축계획과 설비 시스템

4-2. Architectural and Equipment Planning with Active-system

시작하며

21세기의 초입에서 건축의 패러다임은 '지속가능한 건축'을 위하여 '친환경 건축'에 초점을 맞추면서, 유한한 지구자원 소비억제와 재생가능한 자원의 각별한 활용으로 전체 건축생애가 자원이 순환되는 '순순환' 구조로 유지될 수 있는 방안 찾기에 골몰하고 있다. 이러한 관점에서 보면 '지구온난화'와 그 원인이 되는 '이산화탄소 배출억제'로 요약되는 새로운 시대적 화두는 어느 개인 또는 특정 국가만의 문제가 아닌 인류 모두의 범지구적 공동과제임을 인식할 수 있고, 우리나라에서도 이에 대한 행동계획으로 2020년까지 이산화탄소 감축목표를 기존배출 전망치 대비 30%로 선포하고 그에 상응한 노력을 경주하고 있다. 따라서 본고에서는 건축물의 생애기간 중에 인간의 쾌적한 생활을 위한 자원소비 및 지구환경 오염을 최소화하고 건축의 지속가능성에 일조할 수 있는 방안으로서 액티브 건축시스템에 대하여 조망하고자 한다.

건물소비 에너지

현재까지 지구상의 에너지 시스템은 80%이상을 이산화탄소 배출이 필연적인 화석에너지에 의존하고 있을 뿐만 아니라 건물에서의 에너지 소비는 보통 국민소득과 비례하여 높아지는 경향을 보인다. 우리나라의 경우는 국가 총 에너지소비의 약 4분의 1 수준이며 미국과 일본은 약 3분의 1 정도, 그리고 유럽은 또 그 보다도 더 많은 소비패턴을 보이고 있다. 따라서 우리나라의 경제성장과 국민소득 향상에 따른 건물에서의 에너지 소비는 점점 선진국 수준으로 늘어날 것이며 그에 따른 에너지가격 부담과 이산화탄소 배출 문제는 우리 경제성장의 커다란 걸림돌로 작용하리라는 점은 충분히 예상할 수 있는 상황이다.

에너지절약을 목표로 잘 계획된 건축물의 경우 일반 건축물 대비 약 60%의 에너지 절약 효과가 나타나며 '패시브하우스 기법'에 의한 경우의 에너지절감은 최고 약 90%까지도 가능하다고 알려져 있다. 그러므로 미래의 건축행위는 반드시 에너지소비를 최소화하면서도 실내 쾌적성을 유지할 수 있는 건축 시스템 속에서 진화할 수밖에 없을 것이다. 그러나 그러한 예상은 다음과 같은 몇 가지 건축 계획적 접근방법에 변화가 주어질 때 가능하리라 믿는다.

첫째, 건축계획 및 설계, 시공 등의 전체적인 생애주기 과정에서 발생할 수 있는 사회적, 자연적, 경제적 영향의 심층적 성찰 아래에서 환경최소부하를 우선 시하는 건축철학의 확립
둘째, 건축물이 단순히 '에너지소비 체'라는 지금까지의 고정관념에서 벗어나 소비에너지의 자체공급 또는 더 나아가 필요 에너지 이상을 생산하는 '에너지생산 체'로서의 개념정립
셋째, 재생 가능한 자원순환 형 전자재 사용을 통해 생산과정에서 소비되는 에너지 절약과 최종적으로 발생하는 건축폐기물 절감 등 건축생애기간의 총 에너지소요 상황에 부정적인 영향을 제거하는 것이 웰빙 건축을 실현하는 최선의 방법임을 인식
넷째, 현대적인 건축 및 설비기술은 거의 모든 부분을 가능하게 한 다지만 건축을 위하여 그 모든 기술들이 무조건 다 동원될 필요는 없는 것으로, 가능한 한 경제성이 있는 재료와 기술을 적재적소에 보다 효율적·혁신적 계획 및 적용을 통해 건축비는 물론 운영비까지도 절감하려는 노력

이는 과거 싼 석유공급이 부담 없을 때 확립된 지금까지의 건축시스템으로는 미래 경쟁력 확보가 불가능하다는 의미이며, 따라서 건축분야에서는 아래와 같은 새로운 시대상황에 부합하는 분명한 문제도출과 그 대응기법을 도입하여야 할 것이다.

기후보호

- 온실가스의 40%는 건물 건축과 그 이용과정에서 배출되어 지구온난화의 주요 원인
- 선진국에서의 건축물소비 에너지는 국가 총 에너지소비의 40%에 달하고, 전자재 생산과 운송, 건축과정에 소비되는 에너지가 약 10% 정도의 비율이므로 결과적으로 50%의 에너지소비가 건축분야에서 이루어지며 그에 따른 지구온난화에 미치는 영향도 지대함

자원보호

- 세계 건축계에 의해 소모되는 자원은 지구상에서 얻어지는 총 자원량의 50%에 이룸
- 폐기물 발생비용 또한 건축과 토목분야에서 전체의 60%에 달함

공급의 안정성

- 대량의 자원과 에너지를 원동력으로 하는 현재의 경제시스템은

그 원자재의 극심한 지역적 편중성과 정치적 역학관계로 미래 경제 발전에 상당한 불안요인으로 작용

- 우리의 해외에너지 수입의존도는 97%에 이르고, 그 중 44%를 석유가 차지하며 석유 수입 선의 80%를 지정학적으로 불안정한 중동에 의존
- 중국을 비롯한 개발도상국들의 경제발전이 의해 2030년까지 세계 에너지소비 증가율은 60%에 이를 것으로 전망되고, 이는 에너지 가격의 급상승으로 이어질 것임

유지·관리비 저감

- 국제유가 및 원자재 가격 상승으로 난방비 상승률은 서민들에게 큰 부담으로 작용하고 에너지빈곤층의 확산은 또 다른 사회문제로 대두
- 미국의 통계에 의하면 친환경건축물은 일반적으로 24~50%의 에너지 사용량 저감, 그에 따른 33~39%의 CO₂저감, 40% 물 절약, 70%의 폐기물 배출 감소 등으로 건물 운영 유지비가 8~9%감소한 반면 건물 가치는 7.5% 상승, 임대율 3% 향상, 투자비 회수 6.6% 향상 등의 효과 발생¹⁾

쾌적성과 건강성

- 세계의 도시화 비율은 유럽이 80%, 한국이 81.5%²⁾로 총 인구의 80% 이상이 도시지역에 거주하고, 또 그 거주자들은 대부분의 시간을 건물 안에서 생활하므로써 '건물증후군(SBS-Sick Building Syndrome)'이나 '아토피'와 같은 부작용에 시달리고 특히 신축건물에서 심하게 나타남

이러한 문제들의 심각성에 대해 건축종사자들의 폭 넓은 이해가 절실하고, 이의 건축적 극복이 곧 미래의 건축이 최소한의 자원순환형 전자재와 에너지에 의해서도 충분한 건축경기 부양 및 쾌적성 확보 그리고 건축의 수준을 유지할 수 있는 방향으로 나아갈 수 있는 밑바탕이 될 것으로서, 곧 '지속가능한 건축'의 근간으로 작용할 것임을 직시하여야 한다.

액티브 건축

한편 건물에서의 에너지절약 시스템을 도입하여 화석에너지 소비를 적극 억제하고 건물시스템의 효율을 높이므로써 자원절약과 CO₂절감 효과를 얻고, 필요한 에너지는 재생 가능한 에너지원으로 충당하는 새로운 개념의 건축 액티브시스템은 '지속가능한 건축'의 달성을 위한 중요한 수단이 될 것이다.

외피계획

건물 외피는 변화무쌍한 외부기후와 쾌적성이 보장되는 실내 환경의 경계로서 또 건물지탱의 구조적 입장에서 건축의 주요 요소이다. 외피의 기본적인 요구 성능인 채광과 환기 그리고 외부로의 조망 이외에 미래건축에 있어서는 외피가 다양한 외부기후와 실내 온열환경에 적극적으로 반응하고 에너지를 생산하는 액티브시스템으로의 진화를 꾀하고 있다.[그림 1]

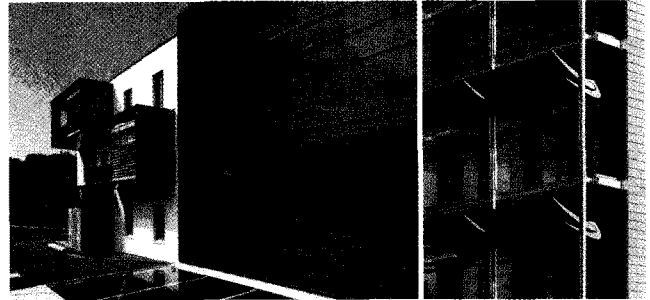


그림 1 액티브 파사드(좌)와 인텔리전트 차양 장치(우)

그것은 비·바람을 막아주던 단순 보호 역할로부터 다양한 기능을 동시에 발휘하는 복합체로의 진화를 의미하고 이러한 건물을 건축계에서는 일명 '인텔리전트 빌딩' 또는 '인텔리전트 외피시스템'이라 지칭한다. 궁극적으로 '인텔리전트시스템'에 의해서 양호한 일사 및 일조조건을 제공하여 자연환기 및 자연채광을 가능케 하고 쾌적한 온열환경을 유지하며 외피 자체가 자연채광용 굴절장치나 태양열 또는 태양광 시설을 위한 설치장소, 또는 좀 더 나아가 적극적인 외부상황 대처가 가능한 것으로, 그 예로는 '이중외피시스템'이나 '투명단열', '진공단열' 그리고 태양고도에 반응하는 '외부차양 장치' 등을 들 수 있다.

건축생애기간에 소비되는 에너지의 대부분은 냉·난방을 위한 것으로 실내 쾌적성 확보에는 그에 상응한 에너지가 필요하다는 것이며 대부분의 에너지소비는 외피를 통해 이루어진다. 특히 현대건축의 일반적인 경향인 대형화되는 유리 면적에 의한 외피마감의 경우 재료특성에 따른 과도한 냉·난방비 문제는 이미 우리에게도 잘 알려져 있다. 이에 대한 에너지 절약형으로의 건축적 대안은 외부설치차양 장치이며, 결과적으로 계절별로 적절한 일사 및 일조조절에 의한 냉·난방부하 조절뿐만 아니라 컴퓨터 화면의 휘도발생 방지, 태양 고도에 따른 눈부심 방지 그리고 변화하는 외부주광 실내유입의 원활에 의한 자연채광 등의 효과가 주어져 실내 환경의 쾌적성을 높여주게 되고, 유리면에 의해 단순화되는 외피디자인에 변화를 주는 디자인 요소로도 작용하게 된다.[그림 1] 이 시스템은 일반적으로 태양고도가 높은 남쪽 파사드의 적용성이 가장 뛰어나고 동·서 파사드의 경우 태양고도가 낮아지고 일사유입이 수평적 형태를 띠게 되므로 수직 형태보다는 수평

1) 인터넷 환경일보 2010/1/19

2) 아시아 인구현황 보고서, 아시아개발은행, 2010/9

형 루버시스템이 효과적이다. 이러한 서로 다른 조건에 좀 더 적극적으로 반응 가능한 시스템은 두 장의 유리사이에 얇은 가변형 블라인드를 삽입하고 자동제어 시스템과 연동하여 태양고도 변화에도 효과를 극대화 하는 형태가 있다.

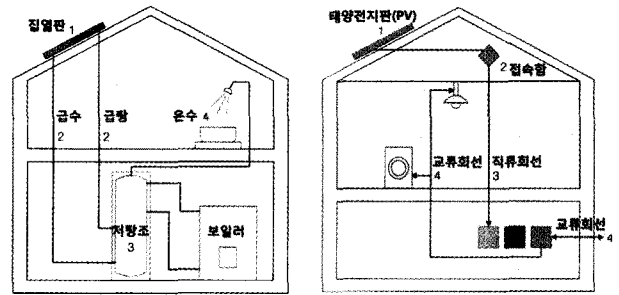
액티브 태양에너지 설비

건물에서의 태양에너지 이용기술은 새로운 것은 없으나 지난 20여 년 기간 동안 괄목할 만한 기술발전에 힘입어 안정된 시스템으로 정착되었고 초기투자비 회수기간 또한 확연히 짧아져 단순한 패시브 이용을 넘어 기계 설비를 통한 액티브시스템으로 널리 이용되고 있다. 그 두 축은 ‘태양열’과 ‘태양광’시스템으로 건물외피에 설치되어 건물외피 자체가 외부기후를 적극적으로 선택적으로 받아들임으로써 건물내부의 쾌적성 및 지속가능성 향상에 영향을 준다. 즉 에너지를 얻기 위한 장치들은 지붕이나 외벽에 설치되어 단순히 기능적인 적용으로 끝나는 것이 아니라 인텔리전트 건축의 주요 요소로서 에너지 획득은 물론 건물외관 디자인을 위하여 또 다른 역할이 주어지는 수준으로 변모하고 있다. 이러한 개념의 액티브에너지 설비를 통해 연간 생산되는 에너지 량은 건물 소비에너지를 자체 충당하거나 혹은 그 이상까지도 가능한 입장에서 ‘플러스 에너지하우스(plus energy house)’라고 칭하여 기존 화석에너지의 절약은 물론 CO₂배출 억제에 기여하는바가 상당하다.

태양열 시스템

태양에너지 이용에 있어 가장 경제적이며 보편화된 시스템이며 대부분 온수 획득을 목적으로 하는 건물의 급탕시스템으로 태양의 복사열을 이용한다. 종류로는 간단한 구조와 저렴한 가격이 장점인 평판형 및 고 효율을 얻을 수 있는 진공관 형 집열기로 나누어, 평판 형은 금속재질의 집열판에 뒷면은 보온재, 앞면은 강화유리로 보호되고 집열 효과를 극대화시키기 위해 검은색 평판에 열전도성이 뛰어난 동관을 배열하고 외부는 프레임으로 고정한다.

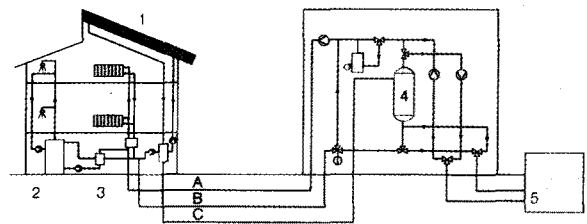
적용형태는 보통 펌프 없이 저장탱크를 집열판 상부에 설치하는 자연형과 집열판과 건물의 조화를 개선하고 다른 열원기기와의 조합이 가능하도록 저장탱크를 분리시켜 설치하여 펌프로 열매체를 강제 순환시키는 강제형 급탕시스템으로 구분 적용된다. 일반주택에 널리 적용되는 평판형은 보통 3~4㎡의 집열면적에 250ℓ 정도의 저장탱크 규모로 전체 중량이 약 300kg 정도이며, 진공관 형 집열기는 집열판이 저장탱크를 겸한 직경 12~15cm 정도의 유리관으로서 길이는 약 2.5m 정도이며 하나의 저장 능력은 약 20ℓ 정도이다. 시스템효율이 50~70%정도로 매우 높아 중온(70~150℃)이유에 유리하고 자체 저장 능력으로 온수순환이 불필요하므로 건물외벽이나 지붕부착이 용이하며, 배관다 난간 등 건물일체형으로도 그 가능성을 인정받고 있다.



[그림 2 태양열 온수시스템 구성도(좌)와 태양광 발전시스템 구성도(우)]

설치 단가 측면에서는 평판형에 비해 고가이다. 급탕목적의 시스템용량 설정은 연간 평균 급탕량의 50~80% 수준을 공급하도록 설계되어 여름에는 급탕부하 전체를, 겨울에는 높은 열 손실 등으로 50~60% 정도만 담당하게 된다.

요즘은 난방용으로 흔히 적용되는 [그림 3]과 같은 소위 ‘복합시스템’은 1kW의 열량획득에 약 1㎡의 집열면적이 필요하여, 일반적인 제품은 약 8~16㎡의 평판 집열면적으로 되어있고 고효율인 진공관형은 약 10㎡ 정도로서 저장능력은 500~1,000ℓ 정도인데, 이 경우 그림에서 보는바와 같이 기존열원에 대한 보조열원으로 집열면적에 따라 연간 총 온수공급의 4분의 1 정도를 담당하게 된다.



- 1. 집열판
- 2. 보일러
- 3. 태양열시스템
- 4. 저장탱크
- 5. 장기 저장탱크
- A. 온수급탕
- B. 반탕판
- C. 태양열급탕

[그림 3. 난방용 태양열 복합시스템 구성도]

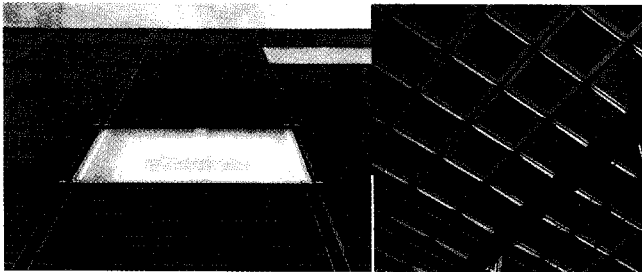
태양광 시스템

태양광발전(PV)은 반도체 소자의 일종인 태양전지(solar cell)를 이용하여 태양광(빛)에서 직접 직류전기를 발생시키는 기술로서 출력을 키우기 위하여 태양전지를 직렬로 조합시킨 태양전지판(solar module), 그리고 다시 이 태양전지판을 여러 장 직·병렬로 연결하여 충분한 에너지를 얻게 되는 어레이(array)로 구성된다.

건물에 적용되는 태양광발전 시설은 지붕 또는 외벽에 설치되므로 단순히 전기를 발전하는데 그치는 것이 아니라 건물의 디자인에도 영향을 미치게 된다. 따라서 건물외피에 부가적으로 설치하는 것보다 건축물과 일체화(BIPV)시키는 건축적 해법과 그에 합당한 태양전지판

의 개발을 통하여 보다 세련된 디자인과 아울러 기존 건축자재절약 그리고 에너지생산 등의 지속가능성을 효과적으로 달성할 수 있다. 특히 태양광전지판의 고정방법과 태양광 전지판과 전지판의 가장자리 마무리 등의 부착조건에 따라 디자인 및 효율이 달라질 수 있으며 건축계획적인 측면에서는 설계단계부터 주변 환경 분석과 적용위치선정이 고려가 되면 PV표면의 음영방지 및 충분한 설치면적 확보 그리고 전체 건축 상황과의 조화에도 상당히 바람직한 적용성이 보장될 수 있다.

태양광전기는 건물내부에서 단독으로 사용되거나 기존의 송전망과 연계시키는 두 가지 운영방법이 있으며 국내에서는 대부분 송전망과 연계시키고 발전된 직류를 상용의 교류로 바꾸어주는 직·교류변환기(inverter)가 반드시 필요한 '계통연계형'시스템을 쓴다. 태양의 움직임을 바탕으로 설치되어야 하는 조건을 충족시키기 위해 한국에서는 PV방향을 남향으로 수평면과 30도 각도일 경우가 최적효율을 나타내지만, 남동에서 남서 방향 사이의 수평면과 25도~50도 각도 범위 내에서는 발전효율의 편차가 절대적이지 않으므로 건축물적용의 융통성이 주어진다고 볼 수 있다.



[그림4. 태양광 발전(PV) 장치에 의한 파사드 디자인(좌)과 지붕 디자인(우)]

태양전지판은 여러 겹 층 구조로 중심부의 태양전지를 완충용 필름이나 레진이 감싸고 외부의 전면은 반사가 없는 저 철분유리가, 후면은 일반유리 또는 PVC기판으로 구성되어 내부의 태양전지를 습기 및 물리적 파손으로부터 보호함과 동시에 태양전지판 자체가 외부기후

및 충격에 견딜 수 있도록 제작된다. 특히 건축물일체형 태양전지판은 일반적으로 유리/유리(G/G) 샌드위치 형태로서 흔히 쓰이는 유리와 같은 성격의 건축자재로 취급되어 건물의 지붕, 외벽, 창호 또는 차양 장치 등의 건축자재를 대체하는 효과와 아울러 에너지를 생산하는 기능, 그리고 건물의 혁신적인 디자인 도구로서의 다기능적인 역할을 소화하게 된다. 이 경우, 상용화된 태양전지는 결정계가 대부분으로 독특한 색깔과 질감으로 새로운 디자인 가능성으로 인정받고 있으며 박막형의 비결정계 태양전지는 투광성과 유연성, 대면적화라는 장점을 무기로 창호 등의 건축분야에 서서히 영역을 확장하고 있다.

그런 태양전지기술의 발달과 보급·확산정책 등에 따른 수요 증가로 공급가격이 현저히 낮아져 비싸다는 일반적 관념에서도 벗어나고 있다.

마무리

인간의 건축행위를 가능한 환경부하를 줄이고(low impact) 자연과의 접촉은 늘리므로써(high contact) 건강성과 쾌적성(healthy & amenity)을 담보한다는 개념아래에서, 우선적으로 주변의 주어진 기후 여건을 인텔리전트하게 활용하는 패시브 건축시스템과 아울러 건 강한 자연의 힘을 현대기술을 통하여 효과적으로 활용하는 액티브 건축시스템은 지속가능 건축의 바람직한 동반요소로 대두된다. 특히 태양에너지의 적극적 이용은 이미 세계적인 추세이며 미래건축에서는 에너지공급원으로서 또한 외피디자인 도구로서 자리매김할 것으로 예견되는바, 액티브 건축시스템은 용도에 따른 실의 공간배치와 건물의 형태적 형성 나아가 재료 또는 건물 생애주기 등의 종합콘셉트 속에서 통합시키려는 노력이 경주될 때 그 완성도는 높아질 것이다.

이러한 일련의 과정을 통해 우리 건축의 지속가능성이 확보되며 크기는 인간과 자연의 공존 속에서 지구환경의 치유와 삶의 질 향상, 그리고 작게는 우리 건축의 경쟁력을 향상시키는 든든한 기초체력이 만들어지리라 확신한다. 