

# 제로에너지 그린리모델링(1): 설계편

- 역삼동 청연빌딩을 중심으로 -



김학건

▶소속 : (주)친환경계획그룹 청연  
대표이사/공학박사/건축사/  
LEED AP/CPHD/CVS  
▶관심분야 : 친환경건축



윤종호

▶소속 : (주)친환경계획그룹 청연  
전무/친환경계획본부장/CPHD  
▶관심분야 : 친환경건축



민현준

▶소속 : (주)친환경계획그룹 청연 이사/  
부설연구소장/건축사  
▶관심분야 : 친환경건축

## 1. 서론

지난 2015년 정부는 2030년까지 배출전망치 대비 37%의 국가 온실가스 감축을 선언한 바 있다. 이러한 기후변화에 적응하기 위해 국내 건축분야에서는 녹색건축이란 개념을 정립하여 발전시켜 왔고 '2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안(2018)'에서는 건물부

문 온실가스 6,450만톤의 감축을 확정하였다.

이를 바탕으로 민간에서는 녹색건축물 보급, 그린리모델링사업 장려, 제로에너지건축물 등을 추진하면서 점진적 변화를 진행하고 있다. 녹색건축물은 앞으로 나타날 미래 녹색도시의 중요한 단위 요소가 될 것이며 화석연료 사용 기반의 우리 삶에 큰 변화를 주게 될

것이다. 연탄에서 도시가스로 열원을 바꾸면서 편리함과 따뜻함을 얻었던 것처럼 자연에서 지열과 태양광 에너지로 환경에 충격을 주지 않으면서 살아가는 방법을 익히는 과정이 될 것이다. 하지만 아직까지 그린리모델링사업, 제로에너지건축물의 보급 및 저변 확대를 위한 정보는 많이 부족하고, 설계 지침 및 설계 프로세스에 대해서도 분명한 지침이 마련되지 못한 것이 국내의 현주소이다.

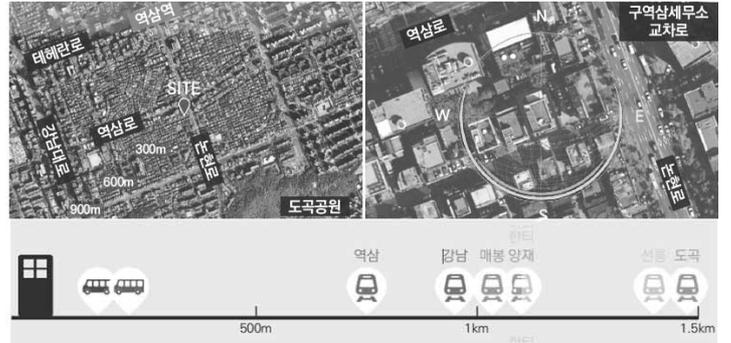
지금부터 소개하는 청연빌딩은 준공과 동시에 도심의 수많은 노후 건물, 걸모습만 치장한 리모델링 건물이 만연한 건축시장에서 에너지 비용을 절감하고 쾌적한 거주 환경을 제공하고자 하는 그린리모델링 사업에서 적지않은 주목을 받은 건축물이다. 이에 청연빌딩을 중심으로 건축주, 건축사 및 건축학도, 시공자에게 녹색건축물을 왜 지어야 하는지, 그리고 녹색건축물은 어



[그림 1] 정부의 분야별 온실가스 감축 대응



[그림 2] 미래 녹색도시의 개념



[그림 3] 대지 주변 현황

떻게 설계·시공하는지, 앞으로 우리가 저에너지 건축 분야에서 어떤 변화를 고민해야 하는지에 대해 이야기해 보 고자 한다.

‘녹색건축물’이란 에너지절감과 환경 보전을 목표로 에너지절약·고효율설 비·자원재활용·환경공해 저감기술 등을 적용해 자연친화적으로 설계· 시공하고 건물의 수명이 다해 해체될 때까지 환경에 주는 피해를 최소화하 도록 계획된 건축물을 말한다. 과거에 는 ‘친환경건축’이란 용어가 주로 사용 되었지만, 2008년 8월 저탄소 녹색성 장 선언과 함께 ‘녹색건축’이란 용어가 정부 정책에 활용되기 시작하며 일반 화되었다.

이후 조금 더 건물에너지 절감에 초점 을 맞춘 정부시책이 진행되기 시작하

며 ‘제로에너지건축’이란 개념이 소개 되기 시작하였고, 성능 수준에 따라 구 분하면 [표 1]과 같다.

## 2. 현황분석

청연빌딩은 서울특별시 강남구 구역 삼세무서 사거리 이면도로에 위치한 준공한 지 20년이 조금 넘은 (1997년 준공) 노후 건축물을 리모델링한 사례 이다.

기존 건물은 과거 50mm 비드법 보온 판 단열재와 16mm 복층유리 창호가 사용된 커튼월 건물로서 현 단열 기준 의 30% 성능 정도를 보유하고 있었고, 열손실은 물론, 일사부하로 인해 냉방 방 에너지 손실이 매우 큰 상태였다.

게다가 오랜 시간동안 많은 세입자가 바뀌면서 생활 편의를 위해 건물 곳곳 을 천공한 흔적이 다수 있었는데, 천공 상태의 마감처리가 엉성하여 단순한 열교가 아닌 거대한 열터널이 형성되 어 상당한 양의 열손실이 발생하고 있 었다. 외관뿐만 아니라 1층 진입동선도 대단히 불합리했고, 남녀화장실은 분리 되지 않았으며, 에너지 효율이 낮은 냉 난방 설비, 환기시설의 부재 등 다양한 부문에서 다수의 문제가 확인되었다.

## 3. 청연빌딩 설계

### 3.1 건축설계의 새로운 패러다임 제시

본 리모델링 사업은 친환경 회사의 사

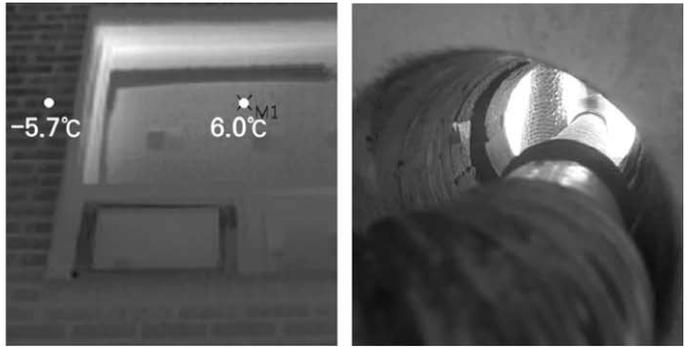
<표 1> 제로에너지건축물의 성능수준에 따른 구분

구분	설명
	<p>①ZEB Ready(Zero Energy Building Ready)</p> <p>제로에너지건축물을 실현하기 위한 준비단계로 시장수용 능력에 따라 충격을 완화하고자 신재생을 제외한 제 에너지빌딩 수준의 건축물을 말한다.</p>
	<p>②nZEB(nearly Zero Energy Building)</p> <p>사실상 제로에너지빌딩(nZEB) 단계는 최근 많은 국가 에서 공식적으로 사용하는 용어로서, 제로에너지빌딩 구축의 현실적 어려움을 감안하여 에너지용도(난방, 냉 방 등)를 한정하고 제로에너지에 가까운 건축물을 구현 시 지칭하는 용어이다.</p>

구분	설명
	<p>③NZEB(Net Zero Energy Building)</p> <p>넷제로에너지빌딩(NZEB) 단계는 화석연료를 사용할 수도 있으나, 건물의 생애주기 관점에서 건물 효율화를 통해 에너지사용량을 근본적으로 줄인 후, 신재생에너지 발전을 통해 연간에너지소요량을 '0'으로 유지하는 건 축물을 말한다.</p>
	<p>④+ZEB(Plus Zero Energy Building)</p> <p>플러스제로에너지빌딩(+ZEB)은 신재생에너지시스템 으로 건물 전체가 필요로 하는 에너지보다 더 많은 에 너지를 생산하여 남은 에너지를 다양한 용도로 제공할 수 있는 수준의 건축물을 말한다.</p>



[그림 4] 기존 건물의 입면 상황



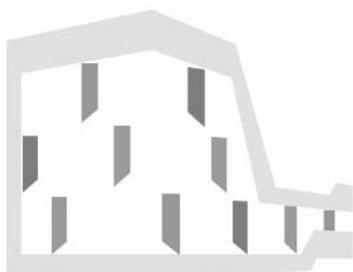
[그림 5] 기존 건물의 주요 에너지 손실 부위

속으로 활용될 예정이므로 회사가 추구하는 에너지&친환경&건축적 미(美)를 계획안에 충분히 반영하고자 했고 다양한 실험적 시도를 통해 건축설계의 새로운 패러다임을 제시하고자 하였다. 보통 건축설계를 진행함에 있어서 공간 구성 프로그램을 근간으로 건축적 미의 극대화에 포커스를 맞추는 것이 일반적이다. 반면에 본 사업은 건축적 미에 열·빛·음·공기로 대표되는 건축환경의 개선을 입면 디자인은 물론, 내부 공간구성에 접목시켜 구현했다는 점에서 차이가 있다. 조금 더 구체적으로 설명하면, 남측 입면은 여름철 직달일사와 현휘를 차단하기 위해,

2~4층의 입면은 건축적 차양이라는 돌출된 디자인으로 구성했고, 5층의 입면에는 광선반을 계획해 직달일사를 차단함과 동시에 간접 광을 실내로 유입시켰다. 같은 기능으로 최상층인 6층의 입면에는 외부 전동블라인드를 적용해 빛 환경을 제어하였다. 세부 디자인은 일조일영시물레이션과 조도시물레이션을 통해 정량적 검증과정을 거치며 최적으로 조정해 나갔다. 마찬가지로 겨울철에는 일사열 유입에 대해 정량

적 검증과정을 거쳐 디자인을 완성해 나갔고 이를 통해 난방부하도 저감시킬 수 있었다. 또한 실내로 유입되는 사계절의 기류흐름을 분석해 창호의 개폐방향은 물론, 입면 디자인을 세부 조절해 나갔고, 건물에너지 시물레이션을 동시에 수행하며 최적의 창면적비를 조정해 나갔다.

통합설계(Integrated Design)는 이론에서나 가능하고, 특히 소규모 건물에서는 현실적이지 않다라는 편견에 맞



**Ze.skin**

Zero energy facade

열손실을 최소화하고 에너지를 생산하는 패시브디자인

+

environmental green remodeling

도시환경과 사람의 쾌적성을 고려한 그린리모델링



녹색건축인증 최우수



건축물에너지효율등급 1++

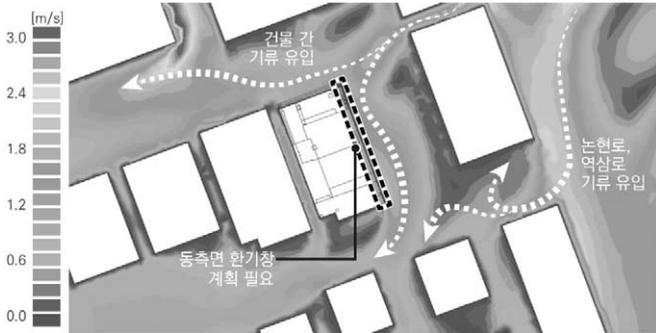


제로에너지건축물인증

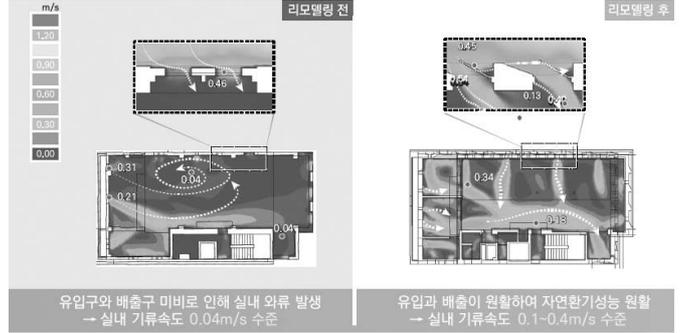


[그림 7] 리모델링 후 청연빌딩

[그림 6] 청연 빌딩의 건축적 형태와 색 개념



[그림 8] 계획부지 주변 기류환경 분석(간절기)



[그림 9] 리모델링 전후 실내기류 환경 비교 분석

서 본 설계의 전 과정은 기계, 전기, 조경, BEMS, 시공 등 모든 협력 분야가 유기적인 협업 속에서 진행했으며 일체의 진행과정은 항시 공유하고, 다양한 의견을 수렴하면서 최선의 대안을 도출하고자 했다. 또한 부문별 요소기술 적용 및 디테일 구현에도 고심을 거듭했으며 패시브디자인 뿐 아니라 액티브시스템(신재생에너지, BEMS 포함), 생태환경, 실내환경 향상에도 세심한 주의를 기울였다.

### 3.2 건축환경 개선

아무리 에너지절약형 설계를 구현했다 하더라도 쾌적성을 간과했다면 건축물의 기본 조건을 만족시키지 못한 셈이다. 쾌적한 환경이란 심신에 적합한 자연적 조건이나 사회적 환경이라고 할 수 있다. 이러한 환경은 재실자에

게 큰 영향을 주는 실내환경과 도시와 사회에 영향을 주는 실외환경으로 구분할 수 있다.

#### ○ 효율적인 자연환기 디자인

자연환기의 효율적 유도를 위해 계획부지 주변의 미기후를 분석한 결과, 간절기 북동풍일 때 논현로와 역삼로의 북동측에서 기류가 유입되어 건물의 동측면을 타고 남쪽과 북쪽으로 흐르는 것으로 나타났다. 원활한 자연환기 성능 확보를 위해 동측면과 남측면에 환기창을 계획하고 외부 기류를 유입시켜 환기성능을 향상시킬 수 있는 입면 형상을 계획하였다.

CFD 시뮬레이션 분석을 토대로 건물 동측에 풍압이 세고, 기류가 유입되는 부위를 찾아 창 위치와 개폐 방향을 정했으며 외부 기류를 실내로 적극 유입시키기 위해 베르누이의 원리에 입

각한 윈드캐처(Windcatcher) 방식의 입면 디자인을 구상하였다. 계획 전후의 실내기류 풍속과 풍압 분석을 살펴보면 북측과 동측 개폐창을 통해 유입되는 유속이 리모델링 전에는 0.04m/s였는데, 리모델링 후에는 0.1~0.4m/s로 빨라졌다.

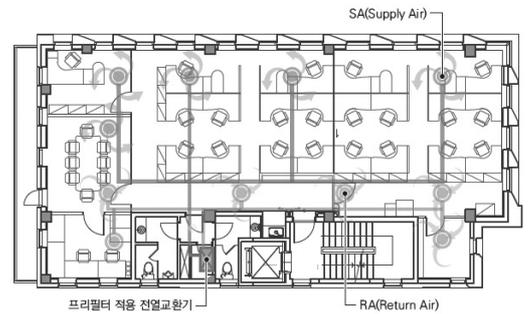
또한, 공기연령은 리모델링 전에는 1,844.5초, 리모델링 후에는 559.6초로 기류 정체 시간이 약 70% 줄어드는 결과가 나타났다.

#### ○ 신선 외기의 도입

공조기와 기계실이 별도로 없는 소규모 건축물은 냉난방을 위해 천정형 EHP를 주로 사용한다. 이 설비는 에너지 이용과 설치가 쉽다는 장점이 있는 반면, 환기와 가슴이 어렵다는 단점도 있다. 그래서 일반적으로 가슴기를 사용하고 창문을 자주 여는 방법을 쓰거



[그림 10] 기계환기 설치 개념도



[그림 11] 기계환기장치 배치도

나 강제 환기용 배기팬을 설치하여 환기 및 자연 가슴을 하는 경우가 많다. 하지만 이 경우 모두 외기가 직접 유입됨으로써 에너지 손실이 불가피하다. 이를 해결하기 위해 실내의 오염된 공기를 배출할 때, 실내로 들어오는 신선한 공기와 서로 열교환을 시켜 에너지 손실을 최소화시키는 방식의 기계환기 시스템(폐열회수 환기장치)를 도입하여 설치하였다.

또한 외기에는 낙엽, 벌레에서부터 공기 중 부유물질, 미세먼지 등을 지니고 있는데, 이러한 이물질의 실내 유입을 막기 위해 3중 필터가 추가로 적용된 환기장치를 적용하였다. 필터는 큰 먼지와 곤충을 막는 프리필터(부직포, Pre-filter), 1 μm의 미세먼지(PM10)을 막는 미디엄 필터, 0.3 μm의 미세먼지 입자를 포집하는 헤파필터(Hepa-filter) 총 3종류를 사용하였다. 폐열회수환기장치는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 센서와 연동시켜 적정한 양의 외기가 유입될 수 있도록 설계했다.

○ 자연채광과 현휘를 고려한 입면 디자인 리모델링 전 건물 남측 입면은 커튼월(창)로 인해 과다 일사 및 현휘에 대한 불편사항이 많았다. 이를 해결하기 위

해 차양 설치를 적극적으로 검토하게 되었고, 건물 외피 디자인과 건축환경을 고려한 '건축적 차양'을 반영하게 되었다. 빛 환경 시뮬레이션을 이용해 연간 평균 조도를 확인해 본 결과, 리모델링 전 한 층의 평균 조도는 2,418lux로 유용조도를 넘었고, 특히 남향과 남동향은 빛이 과도하게 유입되었으며, 실 전체의 유용조도 비율은 40.53%였다. 리모델링 후 건물 한 개 층 평균 조도는 658lux였으며, 유용조도 비율은 100%인 것으로 결과가 나타났다.

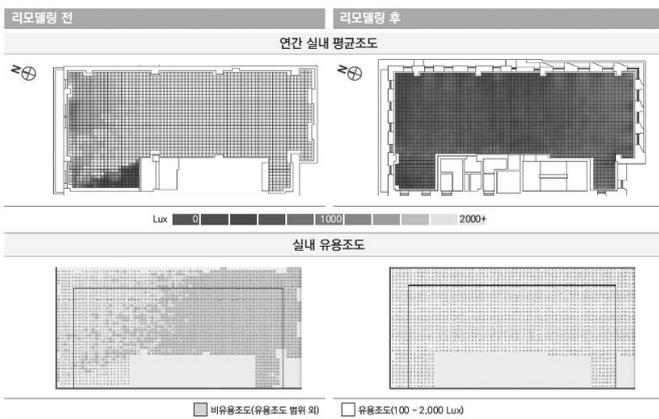
청연빌딩의 유리는 SHGC(Solar heat gain coefficient), 디자인 컨셉 등을 종합적으로 고려해 가시광선 투과율(VLT, Visible Light Transmission) 68%, VLT는 0.3~0.8의 투명유리를 선택해 빛 투과율과 투명도를 상당히 높였다.

○ 빛환경을 고려한 마감재 색상 선택  
실내는 마감재의 재료와 색상에 따라 반사율이 변하게 된다. 밝은 색을 사용할수록 반사율이 높고, 어두운 색을 사용할수록 반사율이 떨어진다. 에너지 절약을 위해 조명 밀도와 조도를 높게 설계하지 않는 대신 반사율이 높은 밝고 따뜻한 느낌의 실내 마감재를 적용하기로 했다.

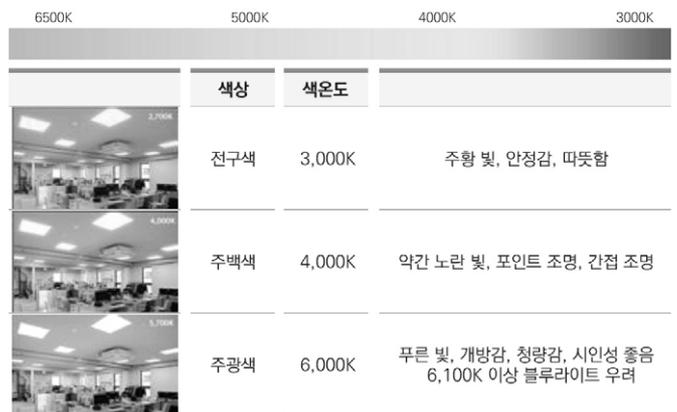
천장, 벽, 바닥 중 눈에 들어오는 면적이 가장 넓은 벽을 기준으로 반사율이 높은 흰색 페인트를 적용하였다. 천장을 벽보다 어둡게 할 경우 무거워 보이고 층고도 낮아보일 수 있으므로 흰색을 기본으로 적용하였다. 바닥은 안정감을 위해 회색에 가까운 데코타일을 선택하였고, 각 층의 공용공간에는 우드와 포인트 색감을 사용해 따뜻하고 포근한 느낌을 주고자 했다.

○ 공간특성과 에너지를 고려한 인공조명 선택

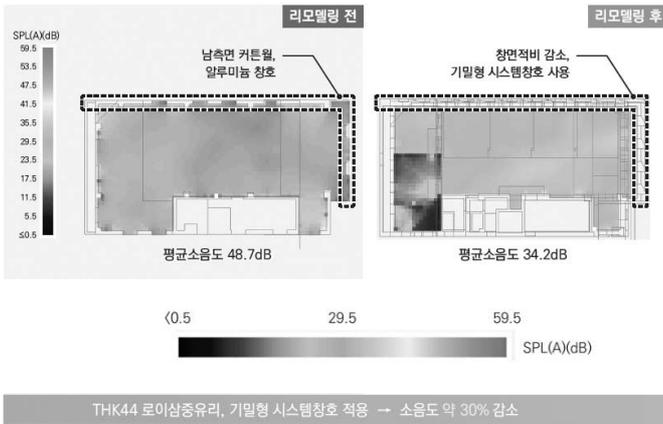
눈의 피로도를 줄여 업무의 효율성을 높이기 위한 방안 중 하나는 인공조명의 색 온도를 고려하는 것이다. 우리가 일반적으로 구입하는 조명의 색온도 범위는 2,700~7,000K 수준이며, 색온도는 주광색 > 주백색 > 전구색의 순으로 높다. 주광색은 약간 푸른 빛이 돌며 집중력에 도움이 되나 현휘 발생의 우려가 있다. 전구색은 대체적으로 붉은 기운이 돌고 따뜻한 느낌이나 색온도가 낮아 어두울 수 있다. 이를 고려해 사옥의 업무공간에는 주광색, 각 층의 공용공간에는 전구색으로 계획하여 업무의 집중력을 높이고 눈의 피로도도 줄이고자 했다.



[그림 12] 리모델링 전후 실내 조도 변화



[그림 13] 색온도에 따른 색상



[그림 14] 리모델링 전후의 실내 소음도 분석



[그림 15] 실내외에 적용된 환경성선언제품(EPD)

### ○ 소음에 대비한 계획

소음은 다수의 환경 문제 가운데 사람들이 가장 민감하게 반응하는 부분이다. 인체에 난청과 같은 건강상 문제를 일으키기도 하고, 생리적·심리적으로 불쾌감을 주고 업무 집중도도 떨어뜨린다. 따라서 프린터기와 사무공간을 기본적인 조닝에서부터 구분하여 배치했다. 도로소음을 막기 위해 개구부는 최소한으로 하고, 창호는 THK44 로이삼중유리가 적용된 기밀형 시스템창호를 설치했으며, 소음이 예민한 공간은 흡음 재료를 사용했다.

### ○ 실내외 마감재 선택

건설자재나 벽지 등에서 나오는 휘발성 유기화합물(VOCs)과 포름알데히드(HCHO)는 상당한 문제를 발생시킨다. 이러한 물질들은 발암물질일 뿐만 아니라 알레르기나 두통 등을 일으키는 원인이 된다.

이런 오염물질로부터 경계 되는 건강상의 문제와 불쾌감을 피하고, 좀 더 쾌적한 환경에서 일할 수 있도록 현장에 적용되는 자재는 친환경 건축자재인 환경성선언제품(EPD) 중 우수 제품을 선정해 사용했다. 환경성선언제품은 환경성적표시제도로 운영되고 있으며 재

료 및 제품의 생산부터 유통·소비·폐기까지 전 과정에서 발생하는 환경 부하를 검증하여 인증 받은 제품이다. 일부 구조체를 제외하고 대부분 실내 내장재는 환경성선언제품(EPD) 자재(바닥 타일, 강화마루, 석고보드, 벽지, 벽체, 지붕, 단열재)와 친환경 천연페인트를 선정해 현장에 적용하였다.

### ○ 다양한 직원 휴게공간 계획

업무용 소규모 건물에서는 협소한 면적으로 인해 다소 어려운 상황일 수 있으나, 회사 일과 중 자리에 앉아 근무하지 않는 약 20%의 시간을 어떻게 보내느냐는 회사의 입장에서 일의 창의성, 생산성을 높일 수 있는 소중한 시간일 수 있다. 청연빌딩은 비록 소규모 업무용 건물이지만 재실자의 휴식 및 재충전을 위한 실내 휴게공간 구성에 많은 노력을 기울였다. 각종 남서측에 별도의 휴게실을 구성하고 냉난방 장치와 채광창을 설치해 잠깐의 휴식으로도 아늑함과 쾌적함을 느낄 수 있도록 설계했다.

또한 직원 간 티타임과 가벼운 담소를 통해 피로를 줄이고 기분을 전환할 수 있는 환경을 조성하고자 했다. 각 층마다 북측에는 외부 발코니를 구성했고,

항시 출입이 가능토록 해 근무 시간에도 외부환경과 쉽게 접촉할 수 있는 환경을 구현했다. 지하층에는 직원들의 충분한 휴식을 위해 체력단련 및 리프레쉬 공간을 별도로 마련했다. 비록 크지 않은 공간이나 필요한 운동시설을 갖췄고, 안마의자를 비치해 장시간 근무로 인해 피로를 풀어줄 수 있도록 했다. 또한 주차공간은 주차대수가 적고 사육 전용으로서 차량의 진출입도 많지 않은 상황에 주목해 다목적 주차공간으로 변화시켰다.

옥상은 정원으로 조성함과 동시에 직원들에게 잠깐의 휴식처로 활용되기를 희망했다. 도심에 내려다 볼 수 있는 시각적인 개방감과 함께 녹지공간에서 얻는 심리적 안정감은 피로를 완화시킬 수 있을 것이다.

또한 옥상의 태양광 패널 설치를 위해 만든 구조물 하부에 골프 퍼팅존을 설치하여 누구나 쉽게 놀이를 할 수 있는 공간도 마련하였다. 이와 더불어 에너지의 관점에서 옥상에 계획된 흙과 식물들은 여름철 뜨거운 태양 빛으로 옥상이 달궈지는 것을 막아주며 크게는 도시 온도가 높아지는 열섬 효과까지 완화시켜 준다. 또한 흙으로 인한 보온효과는 겨울철 열손실이 가장 심



[그림 16] 체력단련실 및 다목적 주차장



[그림 17] 태양광발전 하부 휴게공간



한 지붕의 약점을 보완해 주었고, 신재생에너지를 효율적으로 얻을 수 있는 옥상에 태양광 패널을 설치하고 그 하부를 그늘로 활용한 점은 부하저감, 열손실 축소, 에너지 생산이라는 1석3조

이상의 효과를 얻을 수 있었다. 이 외에도 쓰레기를 종류별로 분리하여 보관할 수 있는 폐기물보관실, 자전거보관소 및 샤워시설 등을 설치하여 건물을 효과적으로 활용하도록 계획했다.

### 3.3 건물에너지 절감 설계

건물에서의 에너지란 재실자의 쾌적감과 운영유지를 위해 지속적으로 소비되는 것이기 때문에 청연빌딩은 계

<표 2> 청연빌딩의 항목별 예상 에너지절감량(시뮬레이션) 분석

구분	세부항목	개선 전	개선 후 (청연빌딩)	1차에너지소요량 (kWh/m <sup>2</sup> ·y)	누적 절감율
공사전 최초성능				335.6	
기밀 및 증축	기밀성시공	미적용	적용	281.2	16.2%
단열성능 향상	벽체	0.586W/m <sup>2</sup> ·k	0.142W/m <sup>2</sup> ·k	236.6	29.5%
	지붕	0.257W/m <sup>2</sup> ·k	0.117W/m <sup>2</sup> ·k		
	바닥	0.518W/m <sup>2</sup> ·k	0.114W/m <sup>2</sup> ·k		
창호	창호	16mm일반복층유리	44mm로이삼중유리	214.0	36.2%
	열관류율 SHGC	3.40W/m <sup>2</sup> ·k 0.717	1.302W/m <sup>2</sup> ·k 0.516		
차양	루버	미적용	적용	193.8	42.3%
	외부전동 블라인드	미적용	적용		
냉난방	EHP용량 난방/냉방효율	209.9kW/186.5kW 2.587/2.203	177.1kW/157.3kW 4.152/3.536	166.7	50.3%
환기	폐열회수환기장치 용량 난방/냉방효율	미적용	3,350CMH 77%/54%		
조명	센서 적용	미적용	적용	143.3	57.3%
	전체 / 업무시설 조명밀도	10.24W/m <sup>2</sup>	4.36W/m <sup>2</sup>		
태양광	용량(PV/BIPV) 모듈 효율	미적용	14.4kW/2.5kW 19.30%/16.89%	104.1	68.9%
운송*	엘리베이터	일반	고성능 EV 등	-	-
전열*	대기전력 차단 콘센트	미적용	82개 중 61%	-	-
수자원*	절수형 기구	미적용	36개 중 100%	-	-
모니터링*	BEMS	미적용	적용	-	-

\* 에너지계산(ECO2) 미반영 항목

획 초기부터 에너지 절감에 확고한 목표를 두었다. 에너지를 분야별인 건축, 기계, 전기, 운송, 전열, 수자원으로 구분하여 절감계획을 수립했을 뿐만 아니라 에너지를 관리하는 모니터링 시스템까지 총 7종류로 세분화하여 계획을 진행하였다. 에너지 절감량에 대한 검증 프로그램으로는 ECO2를 활용하였고, 분석 결과 1차에너지 소요량은  $335.6\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ 에서  $104.1\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ 으로 68.9%의 절감율을 보였으며, 에너지자립률은 30.34%를 확보하였다. 에너지시뮬레이션에는 반영되지 않았지만, 실제로는 운송(EV), 전열(대기전력), 수자원 계획을 통해 더 절감됐을 것이다. 또한 건물에너지 관리시스템(BEMS)을 통해 더욱 절감 효과가 있을 것으로 예상된다.

○ 단열재 선택

기존 건물의 단열은 과거 부실하게 계

획 시공된 부분이 상당하여 많은 부위를 보강하고 재시공하였으며 충분한 단열 성능도 확보하고자 했다. 그 결과 제로에너지 건축물 구현을 위해 청연빌딩의 단열성능은 리모델링 전 대비 최소 2.23배에서 최대 4.54배로 향상되었다.

청연빌딩을 리모델링하면서 기존 지붕의 보 부위에는 단열재를 시공하지 않아 열교현상이 발생하고 있었고, 열교현상을 저감시키기 위해 보 부위에도 단열재 보강이 필요한 상황이었다. 하지만 너무 낮은 층고로 인해 보 부위 단열을 충분히 두껍게 진행할 수 없어 30mm 고성능 페놀폼보드(열전도율  $0.019\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ , 30mm 추가 설치 시 열관류율 0.257에서  $0.183\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 으로 현법적기준  $0.150\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 에 미치지 못하는 문제가 발생)를 사용하는데 그쳤고, 미흡한 단열성능은 지붕 외측 옥상 부에서 외단열로 보강하는 방식으로

추가 확보하였다. 결과 분석 결과는 양호한 것으로 나타났다.

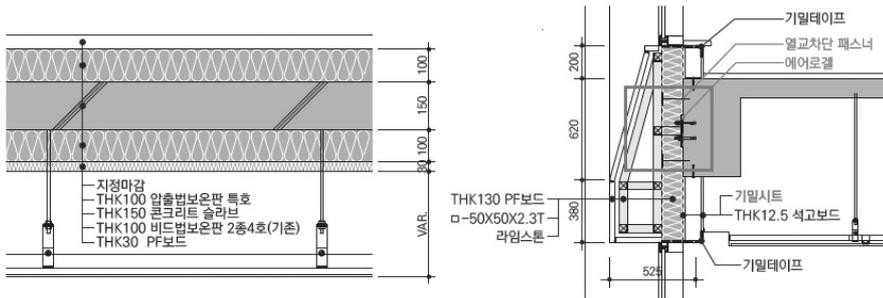
단열재의 시공은 전체 외단열로 진행되었다. 시공은 까다롭지만 단열재의 연속적 시공이 가능하고 구조체가 외부에서 외기를 차단해주기 때문에 지속적인 냉·난방을 하는 공간에서 외기 영향력이 최소화되고, 그로 인한 열교 및 결로 현상이 저감된다. 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 긴결재(패스너:fastener)를 활용한 건식 공법을 택했다. 일반 현장에서는 접착제와 철물나사를 이용해 단열재를 구조체에 고정시키는데, 당 사업에서는 열전도율이 낮은 열교차단 패스너를 사용하였다.

○ 에너지 효율 향호의 적용

기존에 열관류율  $3.40\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ , SHGC가 0.717이었던 16mm(5CL+6Air+5CL) 일반복층 유리창을 창의 단열성능과 일사취득을 고려하여, 단열간봉으로 TPS를 적용하고 유리 사이에는 아르곤을 충전한 열관류율  $1.302\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ , SHGC가 0.516인 44mm(5CL+14Ar+6LE+14Ar+5LE)의 THK44 로이삼중유리를 외기에 면한 창에 최종 적용하였다.

○ 다양한 방식의 차양 계획

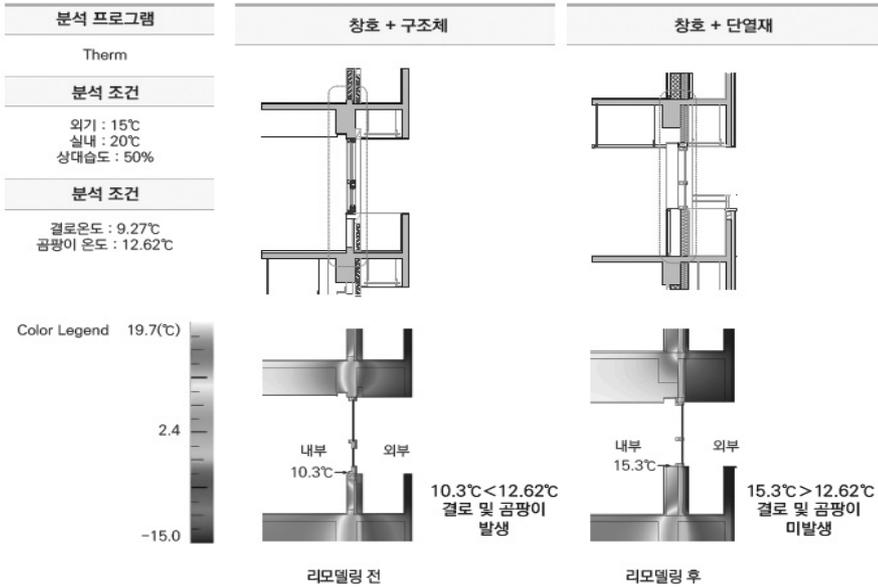
기존 건물의 남측면 커튼월은 일사가 과다 유입됨으로써 냉방부하가 상당한 상태였다. 청연빌딩은 외피부분을 전면 재설계하기로 결정했기에 차양시스템 도입이 큰 부담은 아니었다. 항별로 검토한 사항을 보면, 기존 건물의 서측은 코어가 위치하고 있으며 옆 건물과 바로 인접해 있어 차양 설치는 불필요하다고 판단했다. 하지만 동측과 남측은 커튼월로 인해 창면적이 매우 컸기에 창면적 축소가 우선 필요했고, 2~4층에는 외장재를 300~450mm 돌출시키는



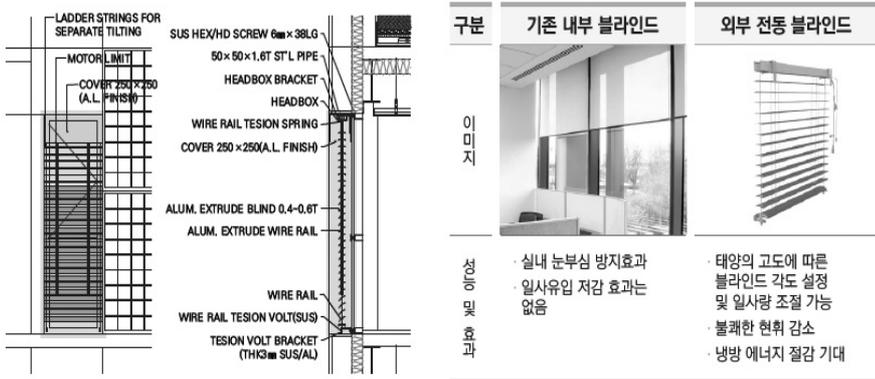
[그림 18] 옥상 및 외벽 단면 상세도

분석 프로그램	내단열(단열선 불일치)	외단열(단열선 일치)
Therm		
분석 조건		
외기: -15℃ 실내: 20℃ 상대습도: 50%		
분석 조건		
결로 발생 온도: 9.27℃ 이하 곰팡이 발생 온도: 12.62℃ 이하		
	결로 및 곰팡이 발생 우려	결로 및 곰팡이 미발생

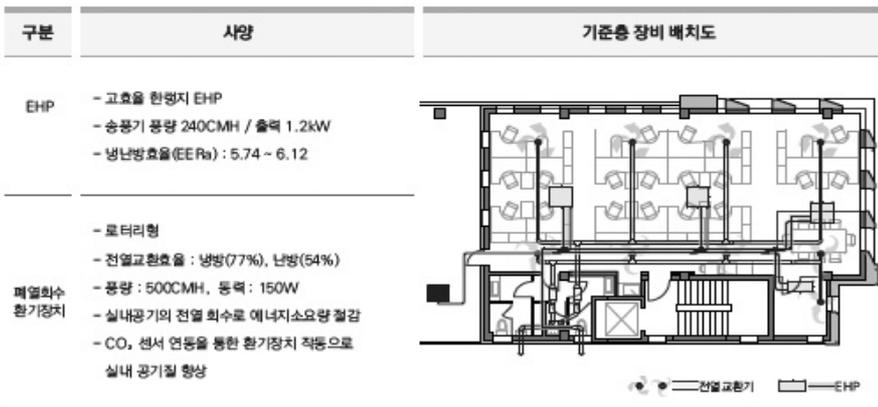
[그림 19] 외벽의 결로분석 비교



[그림 20] 창과 벽체부위 결로분석 비교



[그림 21] 외부 전동 블라인드 적용



[그림 22] 냉난방기와 폐열회수환기장치 사양

건축적 차양 디자인을 반영했는데, 이것이 수직 및 수평차양 역할을 수행해 일사량을 조절했다. 5층에는 광선반을 적용해 직달일사를 차단했으며, 6층에는 외부 전동블라인드를 적용하여 일조 및 일사 문제를 해결하고자 하였다.

○ 고효율 냉난방기와 폐열회수환기장치 계획

기존 사옥의 자리 배치도와 EHP 설치 위치는 창가 쪽에서 냉난방의 사각지대가 상당히 크게 나타났다. 따라서 청연빌딩에서는 CFD분석을 통해 공용공간을 제외한 업무공간을 그룹화했고 북쪽에는 각 팀에 하나의 장치, 남쪽에는 두 팀당 하나의 장치를 계획하였다. 건물의 기밀 성능을 높인 결과 실내의 공기가 거의 순환되지 않게 되며 실내에서 발생하는 열과 오염 공기가 배출되지 않는 문제가 발생했다. 이를 해결하기 위해 실내와 실외의 공기를 강제순환시키고 열교환기를 통해 서로 교차시킴으로써 온도차까지 최소화시키는 회전형 폐열회수환기장치 도입을 계획하였다. 회전형은 외기와 배기 사이에 플레이트 대신 회전 날개가 위치하여 에너지 회수 측면에서 유리한 장점이 있어 선택하였다.

○ LED를 적용한 인공조명

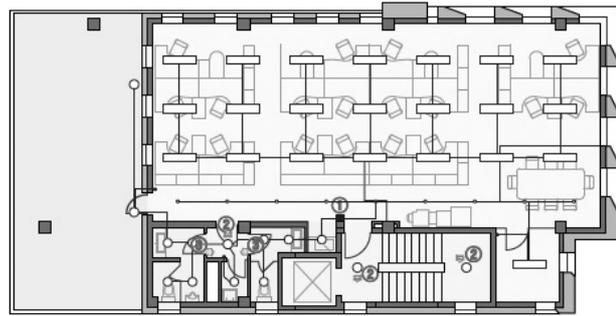
현재 조명의 에너지 효율을 이해하는 방식 중 하나는 조명밀도(W/m<sup>2</sup>)를 통한 평가방식이다. 조명 설계는 조명밀도를 낮춤과 동시에 책상면 조도를 450lux 이상으로 설계하였다. 건물에 적용된 10가지 종류의 조명은 모두 LED 조명으로 적용하였다. 각 층의 업무공간은 업무의 효율성 향상을 목표로 균질한 조도 확보, 모니터 빛 반사, 책상면 적정조도, 눈의 피로도를 줄일 수 있는 색온도를 고려하여 40W LED 면발광 조

명을 적용하였다. 복도는 조명밀도보다는 눈의 피로도를 줄임과 동시에 인테리어를 고려한 설계에 초점을 맞췄다. 각 층 입구에 설치된 아트월은 스포트라이트 형태의 다운라이트 등으로 회사의 이미지를 강조하는 15W등을 사용하였고, 복도에는 은은한 조명을 위해 오렌지 빛이 이 감도는 10W 3,000K등을 적용하였다. 기존 10.24W/m<sup>2</sup>에서 4.36W/m<sup>2</sup>로 줄였으며, 업무시설은 기존 9.93W/m<sup>2</sup>에서 5.99W/m<sup>2</sup>로 줄였다.

잠깐 사용하기 위해 전등을 켜고 끄는 것이 번거로운 엘리베이터 홀, 계단실, 현관 등 공용부는 사람이 지나갈 때마다 조명이 자동으로 켜질 수 있도록 모션감지 센서를 설치했고, 화장실은 들어온 사람과 나간 사람을 판단할 수 있는 카운터 센서를 적용했다. 마지막으로 사무실을 마지막으로 이용한 사람이 편하게 퇴근할 수 있도록 일괄소등 스위치를 설치하여 실수로 등이 켜지는 일을 막고 편하게 에너지를 절약할 수 있도록 하였다.

○ 태양광 발전의 검토와 적용

서울 도심 한복판의 리모델링 사업장에 적용 가능한 신재생에너지는 어떤 종류가 있을까? 지역적 특성과 경제성을 따져, 우선적으로 태양광, 태양열, 지열을 검토했다. 그 중 태양광은 사용이 적합하다고 판단했다. 태양열은 사무실의 급탕 사용량이 적었고, 지열은 설치를 검토하였으나 도심 내 리모델링의 상황상 시공이 어렵고 설치가능 용량이 적어 적용하지 않기로 결정했다. 태양광 발전은 일조일영시뮬레이션을 통해 일조와 음영의 영향을 분석했고, 이를 토대로 태양광발전시스템을 설치할 최적 장소를 확인한 후 옥상과 옥탑에 태양광발전(PV)시스템, 남측부 입면에는 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV)을

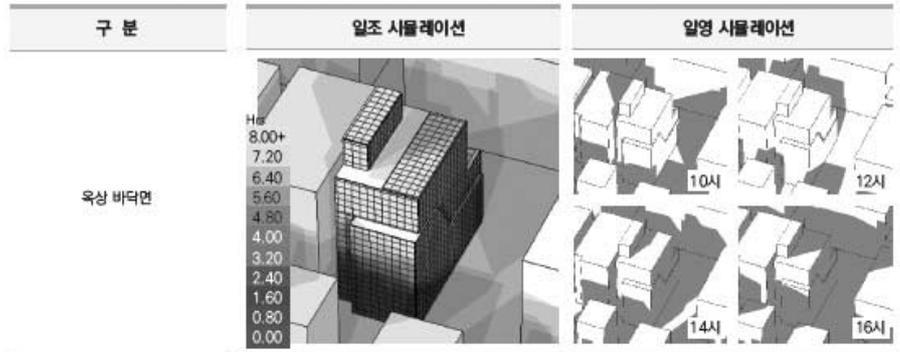


- ① 일괄소등스위치(사무실)
- ② 재실감지센서(계단실)
- ③ 카운터센서(화장실)

[각종 센서별 적용위치]

위치별 주요 조명	사무실 면조명(LED)	주차장 슬림램프(LED)	화장실 다운라이트(LED)	계단함 센서형 직부등(LED)
모델 이미지				

[그림 23] 공간별 조명기구 계획



[그림 24] 태양광 집광판 설치 검토를 위한 일조일영 분석

구분	모듈 각도	모듈 개수	용량	단위 발전량 (kWh / kW)	연간 발전량
1	35° 	14개	5.6 kW	1,030	5,770 kWh
0	0° 	28개	11.2 kW	943	10,562 kWh

[그림 25] 모듈 각도별 태양광 발전량 비교

적용하는 것으로 최종 결정하였다.

하지만 태양광 모듈을 설치할 위치는 한정적이었고 설치가능 면적 또한 크지 않았다. 때문에 주어진 공간 내에서 최대의 발전량을 생산하는 것이 설계의 주요 이슈였다. 다수의 모듈을 설치할 때 모듈간 음영이 발생하면 효율은 크게 낮아지게 된다. 청연빌딩처럼 설치가능 면적이 협소한 부지에서는 최대 발전량을 위해 모듈의 수평 설치가 대안일 수 있었다. 청연빌딩 옥상 상부에서 모듈 각도 35°, 용량 5.6kW일 때와 모듈 각도 0°, 용량 11.2kW일 때를 비교해 보았다. 그 결과 모듈 각도가 0°, 용량이 11.2kW일 때 연간 발전량이 더 높게 나타났다.

최종적으로 태양광발전은 음영의 간섭이 없었던 건물 옥상 동측부와 코어의 상부에는 모듈 각도 0°의 태양광(PV) 14.4kWp(400W × 36EA)를 적용하였고, 6층 입면에는 건물일체형 태양광(BIPV) 2.5kWp (250W×10EA)로 총 16.9kW를 적용하였다. 적용한 모듈은 모두 단결정으로 효율이 19.30%인 400W 모듈(1,024×2,024mm)과 효율 16.89%인 250W 모듈(1,000×1,480mm)이다. 주변 건물의 음영, 수평설치, 입면에 설치된 BIPV의 한계를 고려한 시뮬레이션<sup>29)</sup> 분석 결과, 예상 발전량은 15,350kWh로 판단되었다. 이는 구사옥에서 한 해 사용했던 전기량의 약 24% 수준이며, 신재생에너지 공급비율은 14.8% 수준이다.

○ BEMS의 적용

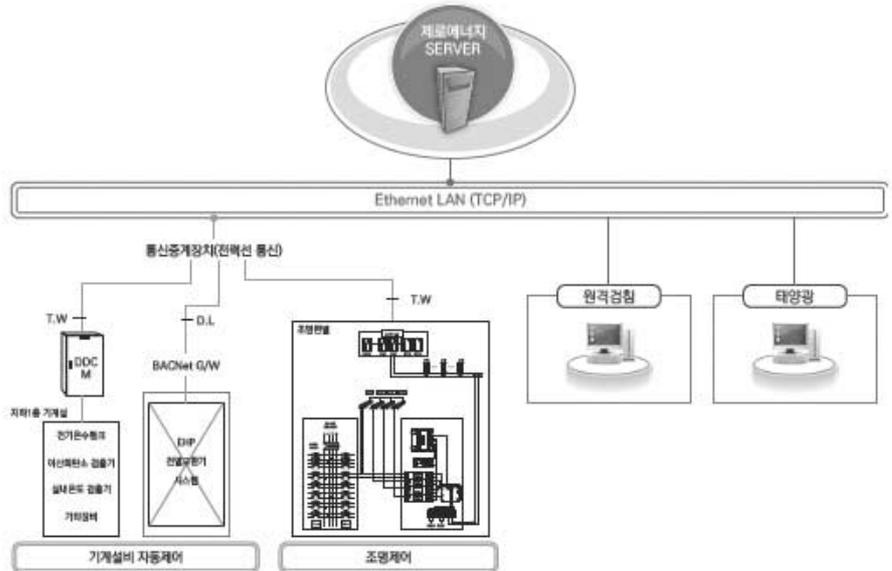
청연 빌딩은 소규모 건축물임에도 불구하고 냉방, 난방, 환기, 급탕, 조명, 전열 등 용도별로 에너지 소비량을 파악하고, 에너지 성능을 진단하고 평가하고 예측할 수 있는 'BEMS(Building Energy Management System : 건축물



- ▶ 고효율 400W, 250W 단결정 패널 설치로 연간 15,350kWh 발전량 산출 가능
- ▶ 이를 통해 에너지자립률 30.34% 이상 확보
- ▶ 3.5kW 인버터 6대 설치로 발전 손실 최소화 및 유지관리성능 향상

구분	① 옥상	② 옥탑	③ 입면(6F)
모듈 용량(W)	400	400	250
모듈 효율(%)	19.30	19.30	16.89
설치각도	0도(수평)		90도(수직)
크기(mm)	1,024×2,024		1,000×1,480
모듈 개수	28	8	10
합계 용량(kW)	11.2	3.2	2.5
총 용량(kW)	16.9		
총 발전량(kWh/y)	15,350		

[그림 26] 태양광 설치 위치 및 용량



[그림 27] 건물에너지관리시스템(BEMS) 계통도

에너지관리시스템'를 적용했다. 아울러 BEMS는 제로에너지건축물 인증을 취득함에 있어 중요한 평가요소이기도 하다.

BEMS는 기획 당시 쾌적한 실내환경

을 위한 온도, 습도, CO<sub>2</sub> 등 유지에 많은 중점을 두었고, 모니터링 환경을 구성해 에너지소비 비용을 실시간으로 산출하고 신재생에너지를 통한 에너지 생산량도 확인 가능하도록 구성했다.

이 외에도 고성능 엘리베이터, 대기전력차단 콘센트, 절수형 수도도 설치되었다.

### 3.4 효율적인 공간 구성 제안

소규모 근린생활시설 건물의 특성상 좁은 공간의 개선이 절실했다. 건물을 효과적으로 사용하기 위해 공간 개선 아이디어를 다수 도출했고 출입구와 사무실, 회의실, 탕비공간에 대한 구성을 개선하였다.

#### ○ 출입구 분리와 주차 공간 변경

기존 건물의 주출입구는 주출입문을 통해 우선 진입한 후, 계단실을 통해 각 층(1~6층)으로 이동하는 방식이었다. 하지만, 2층 이상의 사무공간과 1층의 근린생활시설은 기능이 전혀 다르기에 출입구를 별도로 분리하기로 했다. 따라서 1층 근린생활시설은 불특정 외부인의 출입이 빈번하게 이루어질 것을 고려해 별도의 계단 및 출입문을 설치하여 외부에서 바로 진입하고, 나머지 사무실(2~6층)은 계단실을 통해 접근하는 방식으로 변경하였다. 기능적으로 동선을 분리한 것이었으나 에너지성능 확보 및 건물 보안에 대한 문제도 같이 해결되었다.

주차대수는 기존의 경우 지상 3대, 지하 5대로 계획되어 있었으나, 리모델링 후에는 지상 2대, 지하 6대로 조정하였다. 이유는 위에서 설명한 바와 같이 1층 근린생활 시설 출입구를 별도로 구획하며 전면에 출입 동선을 여유있게 확보하기 위함이었다. 지하는 기존건물에서의 근린생활공간 면적을 축소시켜 주차대수를 증대시켰고, 나머지 여유 공간은 효율적인 공간구성을 통해 직원 체력단련실, 자전거보관소, 재활용 폐기물 보관시설, 기계실, 창고까지 다양하게 추가 구성했다.

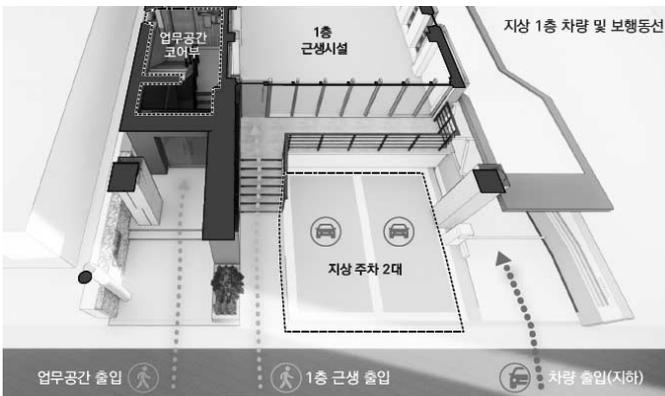
#### ○ 건축환경을 고려한 사무실 레이아웃

사무실의 레이아웃은 업무의 효율성, 자연채광, 환기, 직원 동선 등을 고려했고, 일하는 사람들의 집중력을 높이고 협업과 프라이버시를 동시에 보장하는 방향으로 개선했다. 사옥의 각 층 평면은 남북으로 긴 형태로서 서측에는 옆 건물이 바로 인접해 코어가 있고 동측은 옆 건물과의 거리가 10m 이상 이격되어 어느 정도 시야가 확보된 상황이었다. 각 층의 평면 조닝은 조금씩 차이는 있지만 회의실, 임원실, 서버실 등 개별실은 북쪽으로 배치하고 남쪽과 동측은 자연채광 및 환기가 원활하도록 오픈플랜으로 구성된 직원공간을

배치했다. 또한 상시 거주하지 않는 회의실, 임원실 등의 간헐존과 냉방부하가 크게 발생하는 서버실 등은 북쪽에 배치했다. 이는 겨울철 버퍼존의 역할까지 겸할 수 있어 냉난방에너지 절감에도 큰 기여를 할 수 있다.

이 외에도 남쪽 자투리 공간에 층별 휴게공간을 배치하고, 공용복도는 코어에 인접한 내주부에 계획함으로써 최소한의 점유 면적으로 효율적인 공간을 구성했다. 기존층 업무공간의 평면 형태가 남북으로 세장(16×7m)한 비율이었기에 자연채광이 남측 내부로 깊숙이 유입될 수 있도록 파티션을 남북 방향으로 배치하고, 동측의 자연채광 유입도 고려해 파티션 높이는 1.2m 이하로 설치하였다. 또한 대부분 컴퓨터를 이용해 업무를 진행하기에 모니터 화면에 조명 빛반사를 최소화시켜 눈의 피로도를 줄이는 계획이 중요했다. 이를 위해 조명계획 시 모니터 반사 없도록 세심한 검토 과정을 진행했다.

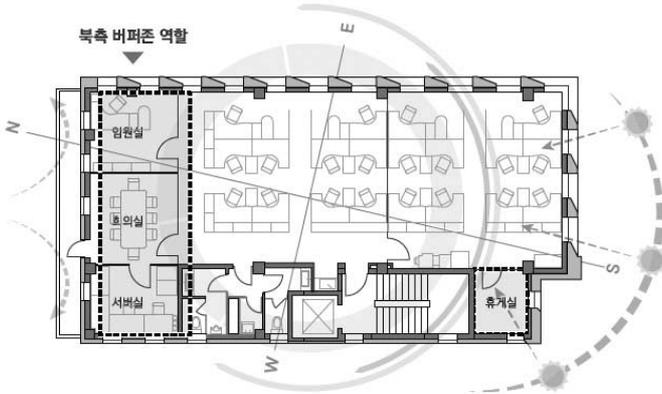
○ 필요한 회의실 크기와 개소 구성하기  
소규모 건물에서는 무엇보다 실용적인 공간 활용이 중요한 만큼 사용자에게 대한 면밀한 사용 패턴과 빈도 등을 파악해 회의실을 구성해야 한다. 한 명 더 작업할 수 있는 직원의 자리를 즐기고



[그림 28] 지상층에서 용도별 건물 접근동선



[그림 29] 지하1층 및 부설주차장 계획도



[그림 30] 기준층 업무공간 레이아웃



[그림 31] 업무공간의 조명과 자리 배치 계획

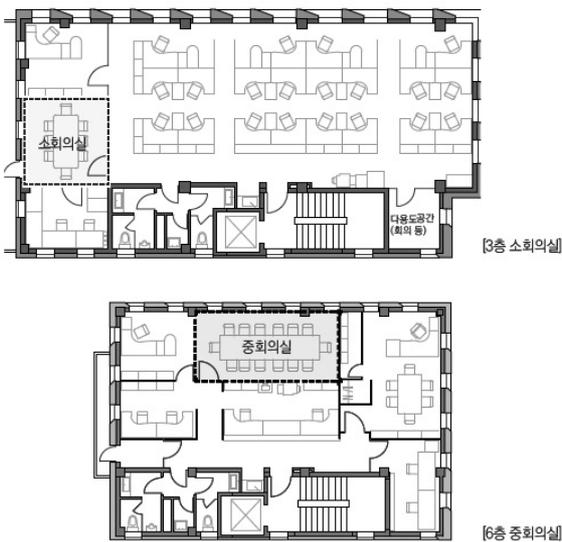
만드는 공간인 만큼 얼마나 다양한 행태를 담을 수 있는지, 어떻게 하면 많은 시간을 이용할 수 있는지가 중요하다. 청연빌딩의 회의실은 2~4층은 평균 14.53㎡으로 층별 부서의 업무진행 회의, 부서 별 회의, 외부 업체와의 회의를 위한 공간으로써 약 10명의 직원들이 사용가능하며 6층은 중회의실로 층별 회의진행시 20명의 직원들이 회의할 수 있는 공간으로 구성하였다. 또한 청연빌딩의 휴게공간은 3~4명이 미팅까지 할 수 있는 다용도 공간으로 조성

하는 등 구사옥 대비 회의실로 사용할 수 있는 면적을 42% 증가시켜 다양한 회의와 만남을 가능케 했다.

○ 개수대 공간의 추가 확보

소규모 건물의 경우 보통 층별 남녀 각 1개소의 세면대가 대부분이기 때문에 층당 약 15~20인 이상 근무하는 상황에서는 점심식사 이후 약 20~30분간 화장실은 늘 사람이 붐빈다. 1인 점유시간을 4분씩만 가정해도 7명이면 30분은 금방 지나가며, 특히 화장실을

이용하는 사람이 함께 있다면 서로에게 불편한 시간이 될 수밖에 없다. 별도의 자투리 공간을 활용하여 개수대를 추가 설치하는 것은 효율적이고 원활한 업무환경으로 개선하였다. 최근 다이어트나 건강 등을 이유로 도시락을 이용하는 직원이 늘어나고 있으며 설거지 장소도 필요하다. 또한 사내에서 종이컵 사용을 자제하여 개인컵 사용이 생활화되었기 때문에 컵을 닦는 데에도 배수구 막힘이 적은 개수대가 더욱 효과를 발휘했다.



[그림 32] 회의실의 구성과 위치



[그림 33] 출입구 옆 개수대 공간

## 4. 결론

청연빌딩은 그리모델링 사업으로는 9개월이라는 다소 긴 시간을 설계기간에 할애했다. 정밀한 현장조사 및 측정부터 시작했고, 건축환경 시뮬레이션을 통해 기존 건물의 문제점 파악, 에너지 시뮬레이션을 통한 제로에너지건축의 가능성을 분석했고, 이후 건물에너지, 실내쾌적성, 건축적 미 분야에서 가장 우수하다고 판단되는 안을 최종선택해 설계안의 세부사항을 구체적으로 발전시켜나갔다. 건축물에 반영된 대표적인 저에너지 친환경 기술로는 건축적 차양, 패시브성능 고단열, 로이3중유리, 열교방지설계, 패시브기밀성능, 옥상녹화, 고효율EHP, 폐열회수 환기장치, 외부전동 블라인드(EVB), BIPV, 태양광발전, BEMS, 절수형기구, 윈드캐처 자연환기, LED조명 등이다.

청연빌딩은 민간 업무용건축물로는 최초로 제로에너지건축물 인증(5등급)을 취득하였고, 건축물에너지효율등급 1++등급(연간 1차에너지소요량  $104.1\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ )이라는 높은 수준의 에너지절감형 건축물을 구현했으며, 녹색건축인증(리모델링부문) 최우수 등급인 동시에 100점 만점을 취득한 바 있다. 아울러 일반 건축주들이 가장 관심을 가지는 다수의 지원 정책을 적극적으로 활용해 그린리모델링 이자지원 사업 민간이자 3%(최고수준, 에너지요구량  $144.6 \rightarrow 68.3$ 으로 절감률 52.8%), 용적률 인센티브 7.62%(연면적  $75.61\text{m}^2$ )를 획득함으로써 보다 쓸모있고 사용하기 편리한 건물로 개선하였다.

하지만 무엇보다 본 건축물은 디자인과 엔지니어가 수평적 구조속에서 한팀을 이뤄 계획초기부터 수많은 논의를 함께 진행하며 완성한 통합설계



[그림 34] 야간 조감도

(Integrated Design)라는 것이며, 건축환경 및 에너지성능 분석에 의해 입면과 평면 디자인을 도출하고 발전시킨 설계안이라는 특징이 있다. 이는 또한 소규모 건축물에서도 충분히 가능성이 있다는 것을 보여줬는 점에서 시사하는 바가 크다.

### 후기

본 원고는 단행본인 「국내 최초 도심 노후 빌딩의 에너지 자립기 \_ 제로에너지

지 그린리모델링」의 내용 중 일부를 발췌하여 작성되었음.

### 참고문헌

1. 김학건 외 5인, 「국내 최초 도심 노후 빌딩의 에너지 자립기 \_ 제로에너지 그린리모델링」, 주택문화사, 2019. 09 KGBC