

그린빌딩과 조명계획

신기식<한국에너지기술연구원>·박상동<그린빌딩사업단>

1 서 론

그린빌딩은 건축 계획, 시공, 유지관리, 해체 시 까지 건물의 전 수명기간 동안을 대상으로 에너지와 자원을 절약하고 실내환경을 쾌적하게 유지하면서, 외부 환경에 미치는 환경영향을 최소화 하는 것을 목적으로 하는 건물이라고 할 수 있다. 조명 에너지는 사무용 건물의 경우 전체 건물에서 사용되는 에너지의 30% 이상을 차지한다. 또한 환경적인 측면에서 빛환경은 재실자의 생산성과 보건 및 안전과 관련하여 중요한 역할을 한다. 따라서, 그린빌딩과 관련한 실내조명은 에너지절약과 실내환경의 관점에서 설계 시부터 잘 계획되어야 한다. 최근 20년 동안에 건물 설계는 환경친화적 설계, 실내의 환경의 질을 강조하는 설계 등으로 획기적으로 발전하고 있다. 친환경적인 조명설계는 통합적인 설계 접근방법이 요구된다. 건물 배치, 효율적인 건물외피, 적당한 창호, 증가된 자연채광 설계 등과 같은 자연적 설계요소들과 통합하여 조명에너지 사용을 최소화할 수 있다. 따라서, 건물의 친환경적인 조명계획은 통합적이고 건축 전 단계에 걸쳐서 계획되고 수행되어야 한다. 그러한 결과의 건물은 재실자의 생산성과 건강을 향상시키기 위해 계획된 자원 효율적이고 비용 효율적인 시스템으로서의 역할을 수행할 것이다. 초기 설계 과정에서 시작하는 전체적인 통합된 접근방법은 이러한

건물을 얻는데 필수적이다. 본 고에서는 실내환경의 질을 개선하면서 에너지절약적인 이러한 친환경 조명 기술의 가장 중요한 요소인 자연채광기술을 설계에 반영하기 위한 단계별 실행계획과 자연채광기술에 대해 소개한다.

2. 자연채광계획

2.1 중요성

자연채광은 실내로 빛을 유인하여 조명으로 사용하는 것이며, 이 빛을 인공조명보다 질적으로 우수한 조도를 제공하는 방법으로 이용하는 것이다. 이 방법은 인공조명기구의 사용을 억제하여 전력사용 뿐만 아니라 이에 관련된 비용과 CO₂ 배출 등의 환경공해를 줄일 수 있다. 많은 연구를 통해 주광이 인공조명 보다 건강하고 활력있는 작업환경을 창조하여 최고 15%까지의 생산성을 향상시킬 수 있다고 밝혀졌다. 또한 주광은 빛의 강도, 색채와 조망 등을 조절하여 작업자의 생산성을 향상시키는데 도움이 된다. 고용자들의 90% 가량이 창문이 있고 밖을 내다 볼 수 있는 조망이 가능한 공간에서 일하기를 선호한다고 설문조사들이 밝히고 있다. 한 연구는 사무실과 공장에서 일하는 사람들의 75%가 자연채광이 인공조명에 비해 보다 높은 질의 조도를 제공한다고 언급하였다.

주광은 에너지 사용과 운용비용을 크게 줄인다. 건물에서 조명을 위해 사용되는 에너지는 미국의 경우 전체 에너지 소비의 40%에서 50%를 차지한다고 보고되고 있다. 게다가, 인공조명에서 발생하는 열로 인해 증가하는 실내 난방부하가 전체에너지 사용의 3%-5%가량을 차지한다. 적절하게 계획되고 적용된 자연채광전략은 조명에너지의 50%-80% 가량을 절약할 수 있다.

또한 보다 광범위한 자연채광의 사용은 전력 요구를 감소시킴으로 전력생산에 따른 공해 및 산업 쓰레기의 감소로 환경에 많은 이익을 제공할 수 있다. 인공조명 사용과 이에 따른 부가적인 건물 냉방에너지의 요구는 미국의 전체에너지 생산의 20%-30%가량을 사용한다. 이러한 에너지량의 3/4정도가 상업용 및 산업용 건물의 조명을 위해 쓰여지고 있다. 만약 자연채광기술이 조명에너지를 40% 가량 절약한다면 미국 전역의 전력 소비를 6%-9%가량 줄일 수 있다. 부가적으로, 자연채광을 통한 가장 큰 에너지 절약은 일사량이 가장 많은 기간 동안에 이루어진다. 이 기간은 건물의 난방, 환기, 냉방, 및 냉각부하가 가장 큰 기간과 일치한다. 따라서 적극적인 주광의 이용은 국내적으로 문제가 되고 있는 냉방기 첨두부하 및 총전력 수요를 감소시킬 수 있는 새로운 대안이 될 수 있다.

자연채광은 빛을 통과시키고 이를 정확히 분배하고 확산시키기 위해서 건물외피에서 개구부 또는 시설을 적절하게 위치시켜야 한다. 잘 설계된 시스템은 과도한 열획득을 막을 수 있으며, 직사광에 의해서 시야 방해와 불편감을 일으키는 현회를 피할 수 있다. 과도한 현회 또는 대비를 조절하기 위해서 종종 창문에 차양, 블라인드, 경량 선반 등의 부가적인 요소를 설치한다.

대부분의 경우에 자연채광 시스템은 조도 수준을 유지하도록 충분한 자연광이 얻어질 때 인공조명을 조절하거나 끌 수 있는 조절장치를 포함해야 한다. 또한 자연채광 시스템은 조명에너지의 양을 최대한 절약하면서 요구되는 충분한 국부 조도를 얻을 수 있다.

록 인공조명시스템과 통합하는 것이 바람직하다.

자연채광기술은 많은 발전을 이루어 왔으며, 기계, 전자적인 기술과 결합하여 효율이 매우 향상되었다. 설계단계에서 이러한 자연채광기술들을 고려할 때 고효율의 향상된 주광 성능을 선택할 때는 추가적인 비용을 감수하여야 한다는 것을 인식해야 한다.

2.2 자연채광계획 시 고려할 사항

2.2.1 설계 단계

2.2.1.1 프로그래밍 단계

□ 주광 성능 목표와 요구사항을 설정한다.

성능 목표는 조명에너지 비용 절감, 냉방 부하의 감소, 시각의 질, 그리고 외부 조망 향상 등을 포함할 수 있다. 설계자들은 건물사용자와 그들이 수행하는 직업에 요구되는 조도의 기준을 설정해야 한다. 표 1은 미국 조명공학회(Illuminating Engineering Society: IES)에 의해 설정된 조도 기준을 나타낸다. 이러한 기준들은 과거 수십 년에 걸쳐 많이 낮아졌는데, 이는 오늘날 빛의 질이 높아지고 주변 벽체 등의 표면에 의한 반사가 최적화 되는 상황에서는 조도를 낮출 수 있다는 것이 받아들여지기 때문이다. 실내 표면의 반사값에 대한 권장값은 표 2와 같다.

□ 다음과 같은 절차에 따라 조명 성능 요구를 분석한다.

- ① 대지 위치의 위도에 대한 태양경로를 분석한다.
- ② 창문을 최적화 할 수 있는 기초적인 연구를 수행한다.
(바닥에 대한 창문의 최적비, 바닥에 대한 천창의 최적비)
- ③ IES 기준을 기초로 하는 다양한 프로그램기능에 대한 설계조도기준을 결정한다.
- ④ 기초적인 수명주기 비용이익 분석을 수행한다.

2.2.1.2 예비 설계 단계

□ 건물설계의 부분으로서 기본적인 자연채광 매개 요소들을 설정한다.

- ① 자연형 태양열 냉난방전략과 통합하여 주광의 성능목표들을 기초로 건물의 위치, 형태, 향을 설정한다.
- ② 최적화 연구를 기초로 창문 설계 목표를 설정한다.
- ③ 설계조도 수준과 에너지효율목표를 기초로 에너지 효율적인 인공조명 시스템을 설정한다.
- ④ 전체 건물시스템에 통합된 자연채광시스템의 기본적인 수명주기 비용 이익의 분석을 수행한다.

비용과 이익을 평가할 때 설계시스템의 직접적인 비용뿐만 아니라 생산성의 증가와 보건 향상과 같은 질적인 이득을 고려한다.

- ⑤ 천창(toplighting)계획에서 최고 효율의 크기를 결정한다.
- ⑥ 기본적인 형태의 창호를 설치한다.
- ⑦ 컴퓨터 해석 도구와 물리적인 모델의 평가를 통해 자연채광 연구를 수행한다. heliodon를 이용하여 직달일사량과 인공적인 산란일사량에 관한 연구를 수행한다.
- ⑧ 조명 조절 전략을 세운다. 합리적인 공간 분할의 이용, 연속 또는 단계적인 밝기조절 및 on-off 스위치의 선택 등을 포함한다.

표 1. 추천조도수준

활동 형태 (Type of Activity)	가중치 -3,-2 (피트축광)	가중치 -1에서+1 (피트축광)	가중치 +2,+3 (피트축광)
주변이 어두운 공공 장소	2	3	5
한 방향으로의 짧고 일시적인 방문	5	7.5	10
때때로 시각적 작업을 하는 작업실	10	15	20
명암대비가 크면서 글씨나 크기가 큰 시각적 작업	20	30	50
명암대비가 중간 정도이면서 글씨나 크기가 작은 시각적 작업	50	75	100
명암대비가 작으면서 글씨나 크기가 작은 시각적 작업	100	150	200
명암대비가 작으면서 오랜 기간동안 글씨나 크기가 아주 작은 시각적 작업	200	300	500
정교하면서 오랜 기간 동안의 시각적 작업	500	750	1000
극단적인 명암대비와 작은 물체에 대한 아주 특수한 시각적 작업	1000	1500	2000

부하요인 결정(Weight Factor Determination)

작업자 및 업무 특성	가 중 치(Weight)		
	-1	0	+1
작업자 연령	40 미만	40-55	55 초과
속도 / 정확도	중요치 않음	중요	심각하게 중요
배경 반사도	>70%	30-70%	<30%

출처 : illuminating Engineering Society.Lighting Handbook(New York IES.1979)

표 2. 추천 표면 반사율

표면	표면반사율의 범위
천장	80%~90%
벽	60%~65%
바닥	20%~50%

출처 : illuminating Engineering Society. Lighting Handbook.(New York IES. 1979.)

2.2.1.3 설계 개발 단계

- 조명시스템과 제품에 대한 세부사항을 지정한다.
 - ① 기후, 창의 위치, 그리고 태양의 방향에 기초하여 가능한 한 가장 높은 광투과율과 주광을 유지하는 판유리 재료를 선정한다.
 - ② 벽, 천장 그리고 바닥에서 얻고자 하는 반사값에 기초하여 마감을 결정한다
 - ③ heliodon을 통한 연구나 다른 태양경로 분석을 기초로 해서, 작업공간에서 태양 직사 광선과 현휘를 최소화하거나 제거하는 차양시스템의 형태, 위치 및 조절 방법을 결정한다.
 - ④ 제어 전략에 기초하여, 광센서, 공간제어 및 인체 감지 센서를 포함하는 제어 시스템을 지정한다.
 - ⑤ 다른 건물 에너지 관리 시스템의 제어 장치와 통합할 수 있는 방법을 찾는다.
 - ⑥ 조명에너지 소비와 공간별 조명작동 시간을 포함하여 조명상태를 감시할 수 있는 유연하고 계속적인 가능성을 통합시킨다.
 - ⑦ 현장에서 수집된 데이터의 분석 등을 수행할 책임자를 지정하는 방법을 모색한다.

2.2.1.4 건설 단계

- 지정된 설계와 재료가 타당하게 설치되는지를 확인한다.
 - ① 창을 통해 직접 일사가 투과하는지 관찰하고,

필요하다면 차양시스템을 세부조정한다.

- ② 각 시설의 누수여부, 표준적인 관례대로 설치되었는지를 확인하기 위해 천창설치, 관계된 방수 장치 및 방수재를 관찰한다.
- ③ 설치가 설계대로 제 기능을 하는지를 확인하기 위해 조명제어 시스템의 최종 보정 및 실험을 시행한다.

2.2.1.5 입주후 단계

- 건물의 자연채광 장치가 적소에 있는지 그리고 최적 성능을 유지하는지를 확인한다.
 - ① 전체 프로젝트를 관찰하고 모든 창호, 태양열 제어 시스템 및 조명제어 시스템이 규정한 대로 작동하는지를 검증하기 위해 세밀하게 관찰한다. 과도한 광원이나 배후의 조도에 의한 현휘 등과 같은 시각적 질에 영향을 미치는 문제를 파악한다. 휴대용 광도계를 가지고 모든 장소에서 조도 수준을 측정한다. 그리고 설계조도 수준과의 차이를 철저히 규명한다. 문제점에 대한 체크리스트를 준비하고 계약자 및 건물 소유자에게 제출한다.
 - ② 시스템의 유지관리 계획 및 유리창 청소가 제대로 이루어지는지 확인한다.
 - ③ 감시 시스템을 통해 수집된 데이터를 관찰하고 에너지 사용을 분석한다. 그리고 그 결과를 계획된 목표와 비교한다.
 - ④ 조명조절 시스템의 담당자를 파악하고 그들이 적절한 절차에 익숙하도록 한다.

3. 자연채광 시스템

3.1 일반적인 자연채광 원리

- 과도한 밝음을 피하고 주요한 작업에 직사광선을 피한다.

작업지역이 아닌 공간에서의 직사광선은 도움이 될 수 있는데, 이는 건물 거주자에게 바깥 기후 조건과 시각 변화에 대한 정보를 주기 때문이다. 이러한 요소는 오랜 기간 동안 창이 없는 공간에 머무는 것과 관련된 스트레스를 실제적으로 해소시킬 수 있다. 그러나 주요 작업이 직사광선 아래서 수행되면 이 빛이 받아들이기 어려운 대비, 현휘에 의한 장애 및 불명확 반사(veiled reflection)를 일으킬 수 있다. 이러한 상황에서 작업대나 컴퓨터 화면을 보기가 어렵다. 작업대의 표면과 주위 벽면의 밝기 비율은 최대 10대 1이 권장되며, 광원과 주위 벽면의 밝기 비율은 최대 40 대 1이 권장된다.

□ 높은 위치로 자연채광을 유인한다.

자연채광 장치의 기본적인 4가지 형태는 창문, 천창, 지붕 모니터와 고창 등이다. 천창, 지붕 모니터 및 고창은 창문보다 효과적일 수 있는데 이 시설들이 건물의 높은 곳에 위치하여 빛을 건물 중앙부로 끌어들이기 때문이다. 창문에 광선반이나 베네치안 블라인드가 설치되지 않으면 종종 수용하기 어려운 눈부심과 앞 뒷 측에 과도한 대비가 발생하여 시각적인 문제를 일으킬 수 있다.

□ 자연광을 여과한다.

나무, 식물, 직물, 스크린, 반투명 차양 및 광산란

우리는 빛의 강도를 약하게 하면서 빛을 산란시키며 분배한다.

□ 주변 표면으로 자연광을 반사시킨다.

광선반, 루버, 블라인드 등은 건물 내부로 빛을 반사시키고 분산시킨다. 일반적으로 광원이 크고 부드러운수록 시각적인 질은 높아 눈의 피로를 적게 하고 주어진 작업을 수행하기가 보다 쉽다. 더욱이 여러 표면에서 반사되는 것처럼 빛이 방향을 갖지 않으면 그림자가 생기지 않거나 제거하여 시환경의 질이 향상된다.

□ 다른 건물 시스템과 자연채광을 통합한다.

가장 효과적인 자연채광은 다른 건물 시스템이나 디자인 전략들과 조화를 이룰 때 얻어진다. 이러한 것들에는 HVAC 시스템, 자연환기, 자연형 태양열 난방, 음향조절 시스템, 채실자 센서, 태양광전지 및 전자 안정기와 일체를 이루는 전기 조명시스템 등을 포함하며, 또한 건물 에너지 관리 시스템이 있다.

3.2 전통적인 자연채광 전략

3.2.1 측광(sidelighting)

□ 적합한 방의 형상비(창문으로부터 방의 깊이에 대한 천장 높이와 창문 높이의 비)를 유지한다.

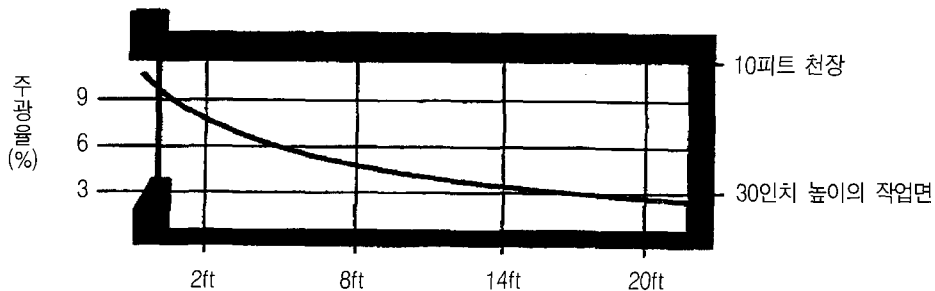


그림 1. 실의 깊이에 따른 주광량

□ 건물이 세워질 예정지역을 적절히 선정한다.

건물의 여러 공간에서 쓰일 측창 전략을 위해 건물이 세워질 예정지역을 적절히 선정한다. 건물의 이상적인 깊이는 중복도형태에서 요구되는 치수에 의해 제한을 받는다. (즉, 외부창/벽-자연채광 되는 방-복도-자연채광 되는 방-외부창/벽) 프랭크 로이드 라이트는 자연채광을 위한 이상적인 건물 폭은 13미터라고 규정하였다. 이러한 지침은 다양한 바닥의 형상을 추구하는데 거의 무한한 유연성을 제공한다. (예를 들면, "L", "O", "U", "E", "X"자 형태의 평면계획 등). 측창을 위한 이러한 형상은 고층에도 적용될 수 있다.

□ 적당한 실내표면반사도를 선택한다.

외측에 있는 창으로부터 실내 안쪽으로 반사될 수 있는 빛의 양, 그리고 앞쪽과 안쪽 사이에 비교되는 조도수준은 실내표면의 반사에 의해 조절될 수 있다. 실내표면의 반사율이 높을수록 공간 안쪽부분의 조도값은 더 커진다. 반사값은 또한 배경밝기에 영향을 주고, 따라서 작업면과 배경면의 대조비에 영향을 미친다.

□ 창문과 측벽채광창(clerestory)에 의존한다.

측창(sidelighting)과 천창(toplighting)을 혼합하는 이 전략에서 수직 창들이 다른창 근처의 높은 공간에 위치하는데, '투명한 층(clear story)'라는 견지에서 만들어진 다. (Figure 2). 이 방법은 내부공간 깊숙히 자연광을 전달하는 우수한 수단이다.

3.2.2 천광 (Toplighting)

□ 톱니모양의 지붕형태를 고려한다.

톱니모양의 지붕은 넓은 공간에 균일한 조도를 제공하기 위해 [그림 3]과 같은 연속적으로 여러 측벽채광창(clerestory)을 사용한다. 자연형 태양열 난방과 냉방의 전략들과 조화되는 가장 좋은 계획이다. 톱니모양에서 유리로 된 개구부는 자연광을 산란시키고 균일한 조도를 얻기 위해 북쪽을 향한다. 추운 기후지역에서 태양열을 획득하여 이를 난방을 위해 이용하려면 남쪽으로 개구부를 면하게 할 수도 있다. 이런 경우에, 현휘, 심한 대비, 그리고 반사 방지 등의 대책이 필요하게 된다. 차양, 빛을 산란시키는 유리재료, 루버, 블라인드 등은 태양열 조절에 필요한 효과적인 수단들이다.

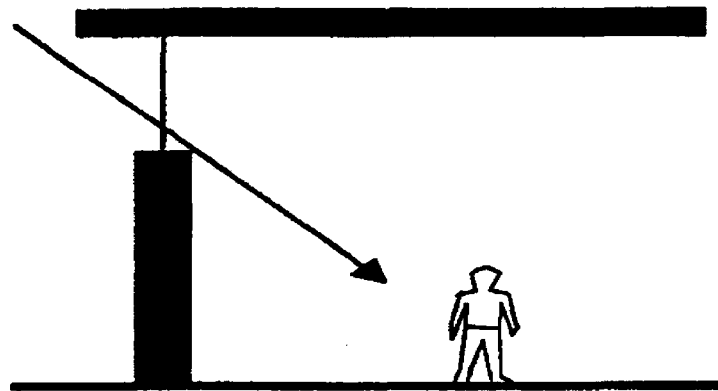


그림 2. 측창의 일사 사입

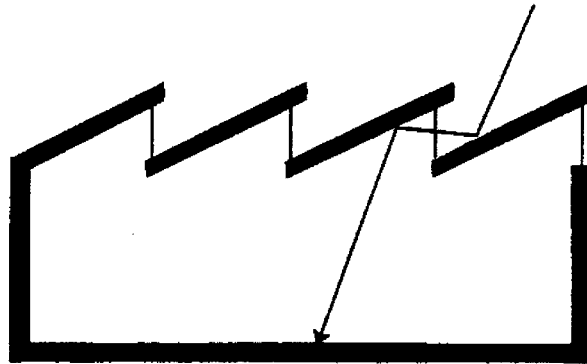


그림 3. 스텝모니터 창

□ 지붕모니터의 사용을 고려한다.

모니터는 측벽채광창(clerestory)의 한 형태로 [그림 4]와 같이 빛이 두 방향 또는 더 많은 방향에서 들어오도록 하는 계단식의 지붕을 포함한다. 모니터는 대개 남쪽, 동쪽, 및 서쪽에 노출된 건물의 돌출된 지붕이나 발코니(overhang)로부터 빛을 받게 된다.

모니터 이용의 근본적인 이점은 지붕이 모니터의 반사체 또는 광반사 선반으로서 작용할 수 있다는 점이다. 창호 안쪽으로 이러한 지붕면을 확장하면 종종 이러한 효과를 높일 수 있으며, 또한 이는 직접적인 태양빛의 침투를 완화시킨다. 또한 모니터는 천창보다 누수가 적다.

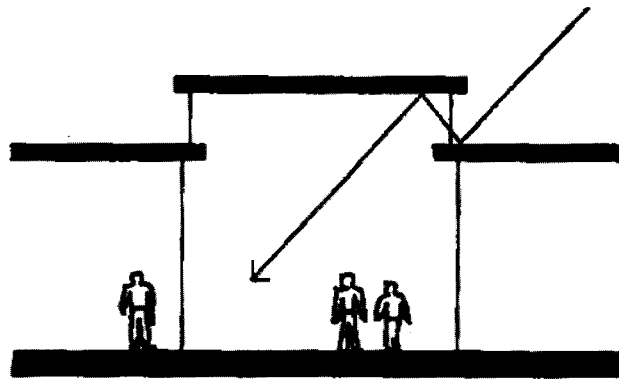


그림 4. 계단식 모니터 창

□ 천창을 이용한다.

지붕의 수평적인 개구부인 천창은 단층 건물에 가장 일반적인 자연채광전략이다. 신중하게 사용되면, 천창은 건물 안으로 빛을 유인할 수 있는 가장 효율적

인 수단인데, 이는 천창이 일반적으로 180각도로 하늘에 열려 있기 때문이다. 천창은 대개 바닥과 천장면 사이 거리의 1.5배 거리 간격이 되는 격자 위에 놓여진다. 바닥면적에 대한 최적의 천창 면적비는 5-10%

기술해설

범위이나, 유리의 투과도, 천창설계의 효율, 요구된 조도수준, 천장높이, 그리고 공간의 기계적인 냉방 여부 등에 따라서 이 비율이 높아질 수 있다.

천창이 갖는 몇몇 문제는 누수 가능성, 천창위치에서의 단열재 부재 및 지붕구조의 높은 비용을 포함한다. 또 다른 단점은 더운 계절에 열을 획득하는 것으로 이것은 열적 불쾌감 및 냉방비용의 증가를 유발시킨다. 대개의 천창 시설은 태양열 제어를 위해 빛 산란 유리의 사용을 요구하여 외부에 대한 조망을 제공하지 못한다. 천창이 자연채광 전략으로 사용될 때, 다음과 같은 사항을 확실히 하여야 한다.

- ① 효율성을 잃지 않도록 빛우물(light well)의 각도를 조정한다. 천창의 개구부 아래의 수직 표면을 '빛우물(light well)'이라 한다. 구조의 깊이 또는 지붕에서 천장면까지의 거리가 증가할 때, 천창시스템의 효율성 손실을 막기 위해 빛우물 각도를 잘 맞추는 것이 중요하다.
- ② 천장면 쪽으로 들어오는 직사광을 반사시키기 위해 천창 아래에 배플을 이용한다. 이 기술은 천장을 커다란 간접광원으로 만들어서 광원과 주위배경과의 빛 대비를 줄인다.
- ③ 지붕 설계를 고려한다. 천창이 경사진 지붕표면과 연계되어 사용될 때, 천창의 효율은 지붕의 경사에 비례하여 줄어들게 되고, 그리고 빛의 분산 형태는 측창의 분산 형태와 매우 유사하다. 만일 지붕의 경사가 북쪽에 있다면, 일사의 제어는 문제가 되지 않지만 지붕의 경사가 동쪽, 남쪽, 또는 서쪽에 있다면, 일사의 제어에 많은 관심을 기울여야 한다.

3.2.3 빛의 분산 전략

□ 경사진 천장면을 사용한다.

천장모양은 공간에서 빛을 분산시키기 위한 가장 단순한 형태이다. 기본적으로 창문 또는 천창에서 높은 지점으로부터 천창을 경사지게 하는 것은 공간 전

체에 높은 천장을 유지하는 것과 같은 효과를 갖는다. 구부러진 형태의 천장은 극적인 효과를 나타낸다. 창문 또는 천창으로부터의 빛은 천장의 형태가 오목한 경우에는 초점이 맞춰지거나 일직선으로 될 수 있으며 볼록한 표면의 경우에는 빛을 더 깊게 산란시키거나 확산시킬 수 있다.

□ 창문높이와 위도(태양 고도)를 기초로 지붕이나 발코니 등의 돌출부를 최적화한다.

원하지 않는 시간대의 빛과 태양열의 획득을 차단하는 것이 필요함에도 불구하고, 건물 돌출부는 항상 공간에서 일사량을 줄이므로 년 간을 통한 영향 분석을 포함하여 주의를 가지고 설계되어야 한다.

□ 창문에 광선반을 적절하게 통합시킨다.

광선반은 측창과 연계해서 사용할 때 매우 유용한 도구이다. 눈높이 이상 또는 눈높이의 수평면은 창문 위로 떨어지는 빛을 천장위로 반사할 수 있게 하여 실내 깊숙이 빛을 반사할 수 있게 한다. 광선반은 조도가 일반적으로 너무 높아 쾌적하게 일할 수 없는 창문 근처의 조도를 감소시킨다. 전체적으로는 공간으로의 빛유입을 감소시키지만 보다 고른 조도분포를 만드는 효과가 있다. 광선반의 재질로는 광선반 상부에 정반사(specular) 또는 난반사(diffuse)의 재질을 부착하는데, 두 가지의 재질이 각기 장단점을 가지고 있기 때문에 사용되는 공간의 특성을 고려해서 재질을 결정해야 할 것이다. 그리고 단순히 고정되어 있는 광선반 뿐만 아니라 계절변화에 따른 태양의 고도 변화에 대응하기 위해 광선반의 각도를 조절하고 직사광을 반사하여 실내 깊숙히 주광이 유입될 수 있게 하기도 한다. 광선반의 청결상태 유지가 광선반의 효율에 크게 영향을 미치는데, 이는 광선반 위의 먼지가 반사율을 저하시켜, 반사된 주광의 유입을 저하시키기 때문이다.

- 위에서 언급된 전략들과 연계하여 적절하다면 일사 조절을 위해 배플, 루버 및 반사판을 사용한다.
- 천장의 조명시스템과 자연채광을 통합한다.
천장 조명시스템 위에 측벽채광창과 천창을 위치시

킬 경우 자연광원과 인공 조명원을 통합하여 적절한 조도를 유지할 수 있도록 인공조명을 조절할 경우 빛 환경의 개선뿐만 아니라 조명에너지 절약을 기할 수 있다. 그러나 유지관리에 대한 부담이 증가한다.

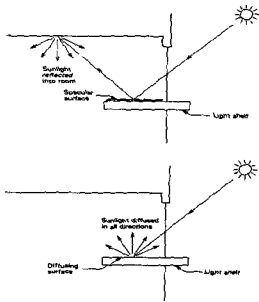


그림 5. 광선반의 개념도와 설치 예

3.2.4 개선된 측창 시스템

측창 적용시 기본적인 문제는 다음과 같다.

- (1) 창문 주위의 태양빛과 태양열을 조절할 필요가 있다.
 - (2) 창문에서 멀리 떨어진 깊은 공간으로 빛을 전달할 필요가 있다.
- 다음과 같은 기술들을 이용하여 이러한 문제를 해결한다.

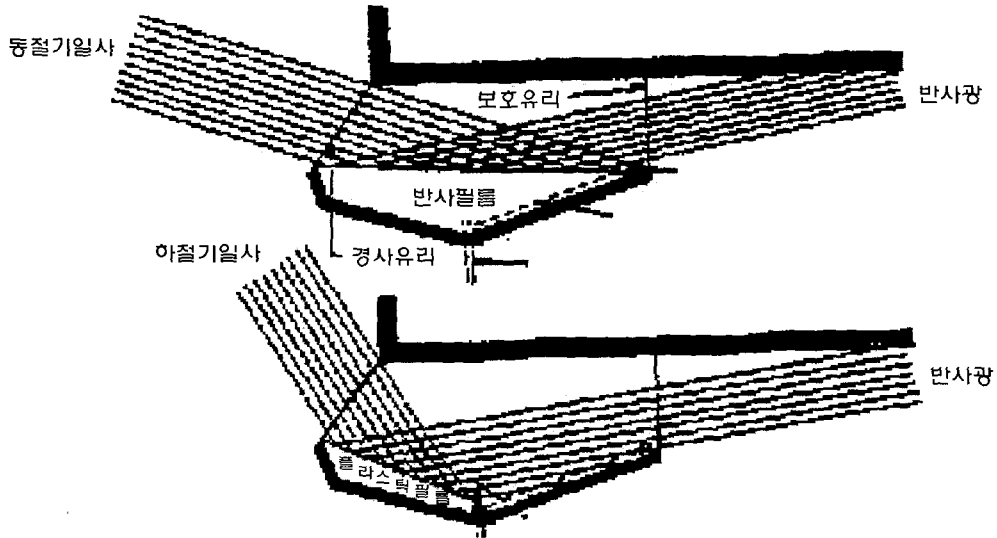
- 현재 가능한 기술의 사용을 고려한다.
 - ① 아크릴 패널에 응용된 광학 필름(SOLF)
 - ② 아크릴프리즘이 성형된 유리 또는 프리즘 판넬.
 - ③ 반사하는 블라인드 또는 거울 판넬
 - ④ 입체적인(holographic) 또는 회절격자의 판유리
 - ⑤ 반사 필름 등
- 일사 차단 장치나 시설을 고려한다.
창문위의 건물면에서 돌출되거나, 창문 윗부분에 놓인다. 태양 위치에 따라 일사 차단 효과가 달라진

다. 태양패적에 따라 조절할 경우 태양 위치에 무관하게 빛을 효과적으로 차단할 수도 있다.

- 광학적인 베네치안식 블라인드 시스템을 고려한다.
이 시스템들은 회절격자 또는 마이크로 프레넬렌즈 표면을 가진다는 것을 제외하고 일반적인 베네치안 블라인드처럼 작용한다. 소형 프리즘이 중첩된 모양의 개개의 슬래트를 장착하고 있다. 일반적인 소형 블라인드처럼 수동적으로 작동되거나 또는 빛의 각도를 측정하는 새로운 광센서 시스템과 컴퓨터 프로그램과 연결되어 자동적으로 작동될 수 있다.
- 첨단 광선반 시스템을 고려한다.
일반적인 광선반 처럼 돌출된 형태로 구성되고 작용하지만, 첨단 판유리 기술을 이용하여 빛의 방향을 훨씬 더 잘 조절하며 더 높은 효율을 갖는다. 일반적인 광선반은 바닥에서 창문 위까지 거리의 2.5배 까지 방안으로 주광을 끌어들이 수 있다. 반면, 발전된

기술해설

광선반은 어떤 조건하에서는 바닥에서 창문 위까지 거리의 4배 거리까지 고른 조도를 유지할 수 있다.



출처 : International Energy Agency

그림 6. 천단 광선반

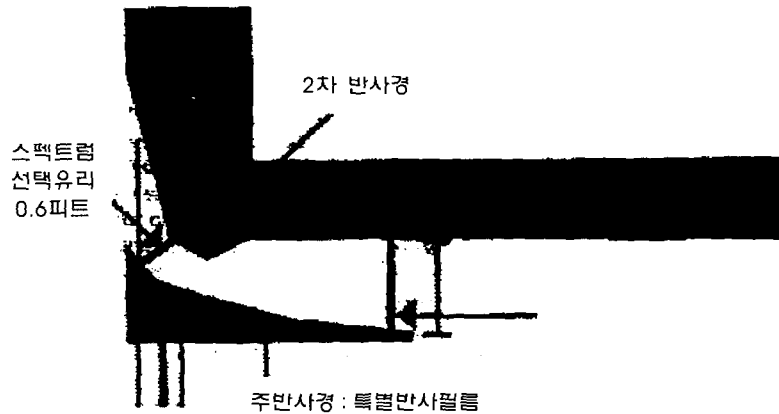


그림 7. 고도의 천단 광선반

3.2.5 개선된 천창시스템

천창(toplighting) 응용과 관련한 주요한 관건은 빛을 집중시켜 수직으로 고층건물의 내부로 깊이 끌

어 들여야 하는 것이다. 단층건물에서 천창 사이가 넓을 경우에는 빛을 더 효율적으로 끌어들이고 분산시켜야 한다.

□ 기계적인 일광 집중 장치 및 고성능 광학 천창 같은 발전된 시스템들을 고려한다.

이러한 목적으로 적용할 수 있는 기술들은 위에서 언급된 개선된 축창시스템의 것들과 유사하다.

3.2.6 혁신적인 광파이프 시스템

□ 광파이프 시스템의 사용을 고려한다.

광파이프 시스템은 주택지붕이나 건물외부에 설치되어 주광을 집광한 후 광파이프를 통해 실내공간으로 유입시킨다. 광원으로부터 광파이프를 통해 전달되는 조도 확산의 효율은 대략 50%이다. 이용 가능한 시스템은 빛의 전달이 오직 파이프 내부에서만 이

루어지는 것, 또는 파이프 그 자체가 연속적인 광원인 것들을 포함한다. 빛의 확산 분배를 위해 이러한 기술을 사용하는 자연채광 방법은 빛을 집중시키는 집광기 또는 일광 반사 장치(heliostat)를 사용한다. 튜브의 지름 특성에 따라 이용 가능한 주광량도 변화되는데, 예를 들면 25[cm](10inch)의 제품이 약 300[W]의 백열등 밝기와 유사하며 13.5[m²](150[ft²])까지 영향을 미친다. 튜브에 부착되어 빛을 전송하는 전송부로는 광파이프가 사용되는데, 길이는 최고 10feet까지 가능하다. 산란부에는 주광의 휘도가 과도하지 않도록 플라스틱 렌즈 등을 통해 실내로 산란시킨다.



그림 8. 광파이프의 적용 예

3.2.7 태양 추적 시스템(solar tracking system)

□ 태양 추적 시스템의 사용을 고려한다.

주광의 이용에 있어서의 가장 큰 난점은 주광량이 시간과 계절 변화에 따라 계속 변화하는데 있다. 특히, 태양의 고도와 방위 변화에 따라 건축공간에서의 주광량이 계속 변화한다. 그래서 적극적으로 태양을 추적하면서 이용 가능한 실내의 주광량을 되도록 많고 일정하게 하려는 시스템이다. 외부에 설치된 반사면 등의 광학장치를 이용하여 일사를 건물 내로 유효하게 입사 시키는 방식과 태양광 집광기를 이용하는

방식이 있다. 태양광 집광기는 외부의 태양광 집광기로 주광을 집광하여 광섬유를 통해 실내로 유입한다. 태양광 집광기는 효율을 높이기 위해 태양을 광센서로써 추적하여 집광기를 구동시키거나 프로그래밍을 통해 시간변화에 따라 자동으로 집광기를 구동시켜 보다 많은 주광량을 실내로 유입할 수 있도록 한다. 현재, 집광기는 국내 몇몇 업체에 의해 국산화되어 있으나, 아직까지는 경제성 때문에 많이 적용되고 있지 못하는 실정이다. 그러나 이 시스템은 지하공간에 주광을 이용할 수 있다는 측면에서 경제성 문제 이상의 다른 장점들을 고려해야 할 것이다. 특히 햇빛이 안

기술해설

들어오는 곳에서 식물을 재배할 때 유용하게 사용될 수 있다. 광섬유의 실내 말단 부분에 설치되는 산광부는 렌즈(Fresnel lens)와 반사각의 형태로 빛의 확

산각을 조절할 수 있도록 하여 스포트(spot) 조명, 확산 조명에 이용하고 있다.

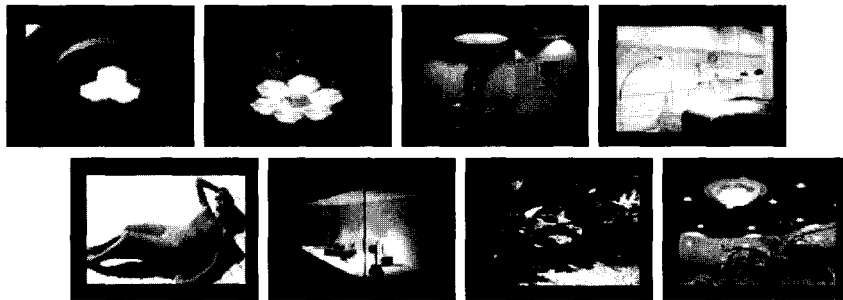
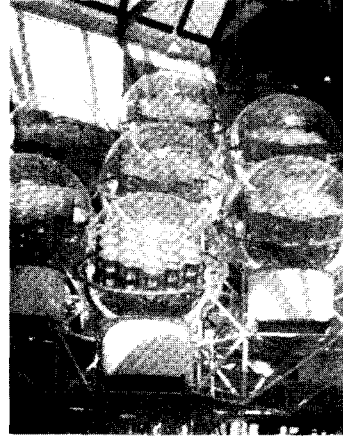
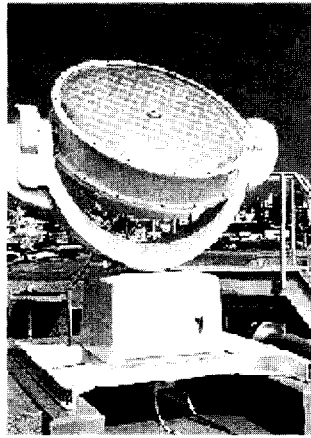


그림 9. 태양광 집광기 및 적용 예

3.2.8 제어 전략

□ 주광을 인공조명과 통합하는 조명제어를 설계한다.
 자연채광전략과 관련하여 에너지 절약 효과를 극대화하기 위해서는 인공조명의 사용을 최소화할 필요가 있으며, 이를 위해서는 조명의 작동을 자동화하는 것이 필요하다. 이것은 다양한 방법으로 성취될 수 있다. 그러나 하드웨어의 복잡성, 비용, 배선의 복잡성, 그리고 조명시스템의 형태 등은 제어 전략에 영향을 미친다.

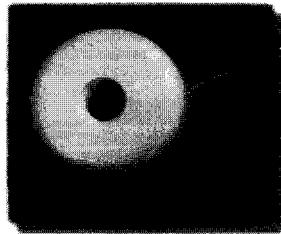
□ 제어시스템 설계를 세심하게 한다.

자연채광시스템이 실패하는 주요한 이유는 조명조절장치의 잘못된 설계나 설치에 있다. 자연채광조절시스템의 올바른 작동을 위해서는 몇 가지 요소들이 중요하다. 조명제어를 향상시키기 위해 다음 사항을 고려한다.

① 광센서들을 적당하게 위치시키고 보정한다. 주광조절시스템에서 광센서의 정확한 위치와 보정은 매우 중요하다. 보통, 하나의 광센서는 시스템비용을 줄이기 위해 조명장치를 그룹화 하거나 또는 지역(zone)화

하여 제어한다. 센서는 주광과 인공조명을 함께 감지해야 하며 그 공간에서 내부이용자 또는 물체의 움직임에 의해 잘못 작동되지 않도록 위치되어야 한다.

② 적절한 지역을 선정한다. 한 건물 안에서 주광의 정도는 많은 인자들로 인해 쉽게 변화한다. 전형적으로, 축창의 조건에서는 적어도 두 지역(zone), 즉 주변과 내부로 구분되어야 한다. 천창(toplighting)의 상황은 대개 최소한 둘 또는 세 개의 지역(zone)으로 구분할 필요가 있다. 보다 더 정교한 제어 시스템이 사용되어야 할 곳에서는 기준 광센서를 토대로 각각의 장치를 개별적으로 보정하고 제어한다.



□ 자연채광 조절을 다른 제어전략들과 통합시킨다.

자연광의 수준에 반응하여 조명을 제어하는 것 외에도 다음과 같은 조명제어 전략들은 조명의 필요성을 감소시키고, 이에 따른 조명 및 냉방부하를 줄임으로서 에너지 비용을 절약할 수 있다.

- ① 스케줄 제어
- ② 재실자 감지 제어
- ③ 광속 유지관리 제어 등

특정 조명제어 및 건물에너지 시스템 제조업자들은 주광 제어 프로그램을 중앙제어 프로그램과 통합되게 한다.

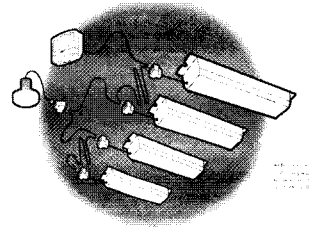


그림 10. 주광 제어 시스템의 구성요소

3.2.9 첨단 유리 기술

□ 광선택 유리를 고려한다.

가시(可視)광 투과도가 높은 유리를 지정하는 것이 조명에너지 절약을 위해 필수적이다. 낮은 음영계수(shading coefficient)는 유리를 통해 얻어지는 열을 상대적으로 줄임으로 냉방부하를 줄일 수 있다. 주광율은 전체 일사 투과량에 대한 가시광의 투과 비율이므로 주광율이 높으면 높을수록, 자연채광 기술의 적용 선택폭이 넓어진다. 발광 효율값(k 값)은 가시광 투과도를 음영계수로 나눈 것이다. 1.5보다 큰 발광 효율값은 자연채광을 위해서 매우 유리하다. 광선택 저방사 코팅 같은 새로운 유리코팅 기술은 적외선스펙트럼의 거의 95%를 차단하면서 가시광선의 70% 이상을 받아들인다. 이러한 코팅은 자연형 태양열 난방

을 필요로 하는 곳에서는 바람직하지 않을 수 있다.

□ 변색성 유리를 고려한다.

고가이지만, 특수한 특성을 가지기 때문에 특수한 상황에 필요할 수 있다. 다음과 같은 여러 형태가 있다.

- ① 광변색성 유리: 빛에 민감한 이 유리는 빛의 세기에 따라 색이 변한다.
- ② 열변색성 유리: 열에 민감한 이 유리는 온도에 따라 반투명으로 된다.
- ③ 전기 변색성 유리: 전류 세기에 따라 어두워지고 전류가 제거될 때 투명해진다.
- ④ Liquid Crystal(LCD): 전류가 흐르면 투명해지고 그렇지 않으면 반투명이 된다. LCD 필름에 색조를 입힐수 있는데 이는 LCD에 보다 큰 일광 조절 능력을 부여하게 된다.

4. 맺음말

리우 환경정상회담 이후 환경에 대한 관심은 건물 분야에 까지 미쳐 그린빌딩이라는 친환경 건축물이 출현하게 되었다. 건축물의 실내의 환경보호를 위해 친환경적이고 에너지 효율적인 건축물을 설계, 시공하며, 사용되는 건축자재 하나에까지 신경을 쓰게 되었다. 실내 공간의 빛환경 계획은 쾌적한 실내 환경의 구현 뿐만아니라 에너지 절약적인 관점에서도 중요한 부분을 차지하며 친환경적인 빛환경 계획의 출발은 자연채광에서부터 시작된다고 할 수 있다. 건물의 친환경적인 조명계획은 통합적이고 건축 전 단계에 걸쳐서 계획되고 수행되어야한다. 그러한 결과의 건물은 재실자의 생산성과 건강을 향상시키기 위해 계획된 자원 효율적이고 비용 효율적인 시스템으로서의 역할을 수행할 것이다. 그러나 건축공간에서의 빛환경계획은 일반적으로 인공조명만으로 필요조건에 따른 빛환경계획을 실시한다. 인공조명의 사용을 최소화하여 에너지를 절감하고, 건강하고 활력있는 작업 환경을 창조하는 것이 그린빌딩에서 빛환경계획의 기본이라 할 수 있다. 건축물에서의 자연채광은 건축계획시부터 고려되어야 하며 적절한 설비가 계획되고 설치됨으로써 극대화 될 수 있다. 시각적인 질의 향상, 우수한 조명 및 색채의 연출, 태양열 획득의 감소, 시각적인 작업 및 생산성의 향상 등의 주광의 장점을 고려하면 주광을 이용하기 위한 시스템제작 및 설치비용의 증가는 가치있는 투자로 평가할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Public Technology, Sustainable Building Technical Manual, DOE, US Green Building Council, 1996.
 [2] 박상동 등, 건물에너지절약 및 환경보존을 위한 그린빌딩초기기술 개발연구, 한국에너지기술연구소, 1997.
 [3] 최안섭, 그린빌딩의 자연채광계획, 제 3회 그린빌딩 기술강습회, 2003. 2
 [4] Illuminating Engineering Society of North America, Lighting Handbook New York :

Illuminating Engineering Society of North America, 1979.

[5] American Institute of Architects, Committee on the Environment. Energy, Environment & Architecture. Washington, D.C.: American Institute of Architects,1991.
 [6] Evans, Benjamin H. Daylight In Architecture. New York: McGraw-Hill,1981.
 [7] Hastings, S. R. ed. Passive Solar Commercial and Institutional Buildings: A Sourcebook of Examples and Design Insights. International Energy Agency: Solar Heating & Cooling Programme. West Sussex, England: John Wiley & Sons,1994.
 [8] Hopkinson, R. G.; and J.D Kay. The Lighting of Buildings. New York: Praeger, 1960.
 [9] Moore, Fuller. Concepts and Practice of Architectural Daylighting. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
 [10] Ramsey, Charles George. Ramsey/Sleeper Architectural Graphic Standards. New York: John Wiley & Sons,1988.

◇ 저 자 소 개 ◇



신 기 식(申其植)

1952년 3월 7일생. 1971년 서울대학교 응용물리학과 공학사. 1989년 충남대학교 물리학과 이학석사. 1992년 프랑스 파리 12대학 에너지공학 전공. 공학박사. 1977-1981년 삼성중공업 근무. 1981-현재 한국에너지기술연구원 책임연구원. 2000-현재 한국그린빌딩 협의회 이사. 2001-현재, 대한설비공학회 그린빌딩위원장. 1999-2001년 대한설비공학회 이사. 1999- 2001년 대한건축학회 생태건축분과위원장.



박 상 동(朴相東)

1947년생. 1970년 고려대학교 건축학과 공학사. 1973년 고려대학교 건축공학과 공학석사. 1984년 고려대학교 건축공학과 공학박사. 1975-1977년 한국과학기술정보센터(현 산업기술정보원) 기술상담역. 1977-현재 한국에너지기술연구원 책임연구원. 그린빌딩사업단장. 2002-현재 한국그린빌딩 협의회 회장. 2000-2002 한국그린빌딩 협의회 부회장. 1999-2001 대한설비공학회 부회장.