

쾌적 빛 환경을 위한 효율적 조명 시스템

최종호*, 오명원**, 김병선***

*연세대학교 건축공학과(cor83@nate.com), **연세대학교 건축공학과(annaoh@chollian.net),
***연세대학교 건축공학과 교수(sean@yonsei.ac.kr)

Efficient Lighting System for Amenity Light Environment

Choi, Jong-Hyo*, Oh, Myoung-Won**, Kim, Byung-Seon ***

*Dept. of Architecture, Yonsei University(cor83@nate.com),
**Dept. of Architecture, Yonsei University(annaoh@chollian.net),
***Dept. of Architecture, Yonsei University(sean@yonsei.ac.kr)

Abstract

Considerable part of energy consumption is occurred by through buildings. Especially, Lighting energy consumption is most part of one in building. There is very various ways and systems for saving lighting energy. In method, It can be divided Passive Daylighting System and Active Daylighting System. Louver, Screen and use of window's character is representative ways of passive system. Reflection mirror, optical pipe and optical fiber is representative method of active system. Introducing day light on which place can't be introduced day light by typical method is important advantage of active system.

Except introducing day lighting methods, efficient lighting management system can save lighting energy. It called lighting automation system. Representatively, Occupancy-related automation and Brightness-related automation system is that. According to occupancy and introducing daylighting level properly operate lamp's intensity of illumination that can save lots of energy.

Though Introducing daylighting method, effective lighting system we can get proper intensity of illuminance level and energy saving.

Keywords : 자연채광(day lighting), 자연형 자연 채광시스템 (Passive Daylighting System), 설비형 자연채광 시스템(Active Daylighting System), 자동 조명 시스템(Lighting automation), 제실감지 시스템(Occupancy-related automation), 조도감지 시스템(Brightness-related automation)

1. 서론

한해 소비하는 에너지 상당부분이 건축물을 통해서 이루어고 있음을 고려해 볼 때 이산화탄소 배출의 규제, 효율적인 에너지 소비 등 사회적인 요구등과 맞물려 건축적인 입장에서 저에너지 고효율 그린 빌딩의 달성은 매우 중요한 것이라고 할 수 있겠다. 더욱이 건물의 소비하는 에너지의 대략 30% 이상이 인공조명에 의한 것¹⁾임을 고려할 때 자연채광의 도입, 적절한 조도 설정과 효율적인 조명시스템 운용계획은 쟁점이 된다고 할 수 있다.

하지만 현재 국내에서는 인공조명을 통한 조명제어에 과도하게 의존하는 관계로 시스템구축에 상당히 많은 비용이 소모되며 조명의 운용과정에서도 많은 에너지소모가 필연적으로 나타나게 된다. 또한 조명 시스템의 운용 방식에 있어서도 비효율적인 면을 볼 수 있는데 대다수의 국내 건물들은 사용자의 즉흥적인 조명 조절 시스템을 채용하여 작업에 따른 적정 조도 이상을 소모 하게 된다.

이것은 시간에 따른 자연 광의 유입량의 변화와 관계없이 유지 되게 된다. 따라서 수동적인 조명시스템의 운용은 비효율적인 에너지 소비를 필연적으로 일으킨다고 볼 수 있다.

따라서 본 논문에서는 자연 채광의 도입에 따른 제 사항과 자동 조명 시스템제어에 관한 내용에 대하여 언급하고자 한다.

2. 자연광의 도입

자연광을 도입 시 낮 시간동안의 얻어지는 빛 에너지의 양만큼 조명에너지 소모를 감소시킬 수 있으며 이는 상당한 전기 에너지 소모를 억제하며 이를 1차 에너지의 양으로 환산하면 상당한 양이 된다.

기본적으로 자연광의 도입 방법에는 크게 두 가지로 분류 할 수 있는데 우선 창문과 차양 등의 구조로 구성되는 전통적인 자연형 자연채광 시스템(Passive Daylighting System)과 별도의 장비를 사용하여 주광을 도입하는 설비형 자연채광 시스템(Active Daylighting System)으로 구분된다. 설비형 자연채광 시스템은 자연채광방식에 비해 효율적인 주광 도입을 위하여 창 및 차양 장치 이외의 설비를 설치하는 방법으로 빛의 도입면적에 대한 수광 면적의 비율을 늘리며, 집광된 빛을 운송설비를 통해 필요한 용도와 위치에 적용시킬 수 있다. 더욱이 전통적인 방식의 주광도입방식으로는 공급할 수 없었던 공간에 빛 에너지의 운송설비를 통하여 도입 할 수 있는 것이 가장 큰 장점이기도 하다. 하지만 비용적인 측면이 문제가 되어 제한적인 이용의 수준에 그치고 있다.

자연형 채광시스템과 설비형 자연채광시스템의 주광조절방법에 대해 분류 하자면 다음과 같다.

2.1 채광시스템의 구성

(1). 채광부

자연광을 집광하는 부분으로 돔 또는 피라미드를 이용하여 자연광을 수광하거나 프로그램이나 센서에 의하여 태양광을 추적, 집광하는 장치들이 있다.

(2). 전송부

집광된 빛을 덕트나 광섬유 등을 이용하여 전달하는 부분이다.

(3). 산광부

전송된 빛을 디퓨저나 렌즈 등을 통하여 실내로 산광시키는 부분이다.

2.2 자연형 자연채광시스템

(1) 루버 방식에 의한 조절

주광을 실내로 확산 및 반사 시켜 주광이 실내로 입사되는 양과 그 깊이를 조절하는 특징이 있다. 하지만 루버의 특성상 측창에

1) 김양섭, 권경우, 건축물의 외피부하 저감기술, 한국그린빌딩협회의지, 2009.06

도입될 경우 주광의 전체적인 도입량에 장애를 주기 때문에 천창에 도입하게 되면 그 효과를 기대할 수 없다. 또한 루버에 의한 반사 효과를 적절히 통제하지 않으면 실내 냉방부하 및 발생 현휘(Glare)를 통하여 사용자에게 불쾌감 및 부하의 측면에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다.



그림 1. 루버 시공사례(목재 및 유리)

(2) 스크린 방식에 의한 조절

스크린은 유리의 기본적인 시 환경의 개방감을 보존시키며 경제성과 실용성, 조작성의 용이성이 장점이며 적절한 주광의 조절능력으로 냉방부하의 감소도 예상할 수 있다. 또한, 현재 시공의 어려움을 극복하기 위하여 FTS(Fabric Tension System)시스템 등이 개발되어 있어 경사, 수평, 곡면 창 등에도 적용이 가능해 졌다.

(3) 창 특성을 통한 조절

창에 도입되는 유리의 τ (transmittance), α (absorptance), ρ (reflectance)에 따라 유입되는 광을 조절하는 것²⁾으로 냉방 부하를 줄이기 위해 특정 파장에서 τ 를 줄이는 것이 필요하다. 대표적인 방법으로는 Low-E유리가 있으며 이는 특수한 빛의 파장영역에 대한 α 값이 높은 필름을 판유리에 접합한 것으로 접합층의 배열에 따라서 냉방 부하 및 난방부하에 따른 강점이 상이하게 나타난다. 따라서 Low-E유리의 목적에 따른 적합한

2) 유리의 중요한 특징은 구성성분에 따른 흡수율(α)과 표면치리에 영향을 받는 반사율(ρ), 그리고 빛에너지의 전달정도를 나타내는 투과율(τ)이다.

필름 부착 층의 배열 순서를 고려해야 하며 목적과 상반되는 시공은 오히려 역효과를 나타내게 된다. 그림.2은 Low-E유리에 쓰이는 산화제이철의 파장에 따른 τ 값³⁾을 나타낸다. 가시광선 영역에서의 투과율이 높고 이외의 영역 특히, 적외선 영역에서의 투과율이 낮은 특성을 보인다.

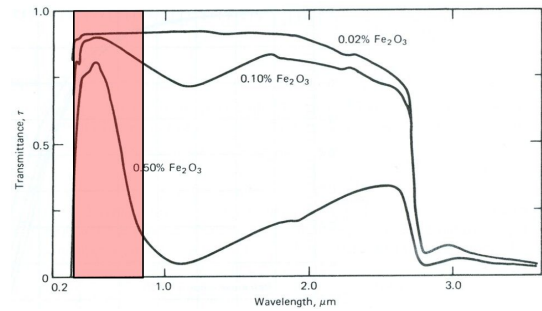


그림 2. 파장에 따른 빛의 τ 값

2.3 설비형 자연채광시스템

(1) 반사거울방식

다양한 형태의 거울을 이용하여 주광을 굴절시켜 목적 개소에 도달하게 하는 비교적 간단한 방식으로 거울 표면 상태에 따른 빛의 운송효율성이 감소할 수 있으며 주광의 입사각에 따른 채광 효율 감소가 나타난다. 따라서 입사각의 변화에 따른 채광 양 감소를 줄이기 위한 태양광 추적시스템이 요구된다.



그림 3. 반사거울

(2) 광 파이프 방식

자연광을 실내로 유입 시키는 방법으로 돔

3) Duffie, Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, 3rd Edition, WILLY, 2006. pp216~219

형의 채광부와 고반사율의 전송부(광 파이프)를 통해 산광을 하는 방식으로 흐린 날, 비오는 날 등에도 효율적으로 자연광을 균등히 실내에 도입하여 구조적으로 자연광을 도입할 수 없는 개소에 자연광을 도입하게 하는 대안이 될 수 있다. 이 방법 역시 전송부 광파이프 내부의 반사율을 유지 시키는 것이 이 시스템의 효율성을 위한 핵심이다.



그림 4. 광 파이프 형식

(3) 광섬유 방식

집광시키기 위해 볼록렌즈를 사용하여, 광섬유에 전달하여 빛을 이송시키는 방식으로 렌즈부분이 항상 태양광을 추미하는 별도의 장치가 필요하여 고가이다. 하지만, 높은 집광효율과 먼 운송거리에 장점이 있으며 자유로운 시공이 가능하다.



그림 5. 광섬유방식

3. 조명시스템의 도입

조명시스템은 건물의 적정조도 유지와 불필요한 조명을 차단 혹은, 과도한 조도를 억제시켜 쾌적한 작업, 생활환경을 유지시켜주며 건물의 에너지사용량감소를 실현시키는 체계를 말한다. 일반적인 조명 시스템은 아래 그림 6.과 같은 체계를 통하여 작동한다.

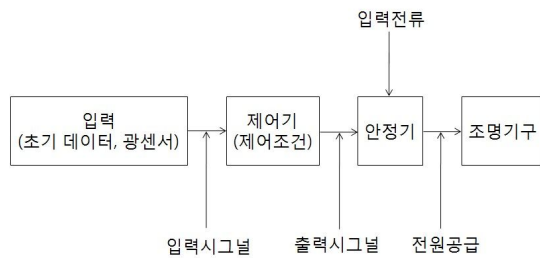


그림 6. 일반적인 조명제어시스템의 체계

3.1 목적

본래 야간의 활동에 제약을 제거하는 것에 목적이 있었으나 점차 시 환경의 쾌적을 위한 것으로 발전해 현재에는 에너지 절약에 대한 측면까지 함께 고려되고 있다.

(1) 시 환경의 쾌적성

시 환경의 쾌적성은 적정 조도의 확보와 작업 면에 대한 조도의 조명레벨의 일정 수준 이상의 차이로 인해 발생하는 현휘의 관리를 위한 주광의 통제가 필요하다. 따라서 직사 일광을 제어하기 위해 자연형 채광시스템에 대한 제어가 필요하다.

(2) 에너지 절약

인공조명을 통한 에너지의 소비가 상당하므로 고효율의 전등 도입과 주광의 효율적인 도입을 통해서 이를 가능하게 한다. 이를 위한 대표적 조명제어시스템으로는 재실 감지, 조도 감지, 혼합 시스템 등이 있겠다.

(3) 유지관리 최적화

건물의 규모가 상당하여 별도의 제어 개소가 필요할 경우 절실한 제어의 목적이다. 제어 인력의 절감을 위해 특수한 장비가 필요

하며 보통 건물 한 개소보다는 여러 건물의 복합체(공원, 리조트, 대학교)등의 조명시스템 등이 포함된다.

3.2 자동 조명시스템(Lighting automation)

조명시스템의 자동화는 사용자의 편의를 위한 것이 가장 기본적인 목적이다. 하지만, 추가적으로 자동화 시스템은 인공조명의 부하가 최고가 되는 시간을 줄여 줌으로서 에너지 절약적인 측면이 있다. 사용자의 시 환경에 대한 만족 정도와 에너지 절약적인 정도의 타협점에서 Set Point가 결정 된다. 자동 조명제어 시스템은 사용자의 요구 조건 및 실의 실내의 실제적인 조도 사이에서 민감하게 반응하여 조명을 조절한다. 일반적인 용도의 실과 공중적인 요구가 필요한 실의 경우는 그 차이를 두어서 운용되어야 할 것이며 개인적인 용도만을 위해서 계획된 공간은 조명의 on/off를 개개인의 수동적인 조작을 할 수 있게 해주는 시스템을 구축할 필요가 있다.

(1) 재실 감지 시스템

조명이 자동적으로 사람의 재실 유무에 따라서 자동적으로 조절되는 시스템으로 동작에 대한 감지 장치를 통해서 통제된다. 이 시스템은 특히 간헐적으로 사용되어지는 실의 통제에 있어서 아주 유용한 역할을 하여 에너지 절약에 큰 몫을 한다.

(2) 조도 감지 시스템

전술한 재실 감지시스템에 대한 대안으로 추가 될수 있는 시스템으로 매 시간 실에서 획득되는 주광의 양에 의해서 인공조명의 강도를 통제하는 시스템으로 인공조명의 조도를 급격하게 on/off 시킬 수 있고 점진적인 증감역시 기대할 수 있다. 일반적인 조도를 필요로 하는 공간에서는 매우 탁월한 에너지 절약효과를 기대 할 수 있다. 하지만, 매우 높은 조도를 요구하는 공간이나 주광이 전혀 도입되지 않는 실에는 이 시스템을 적용하기에는 그 효율을 크게 기대할 수는 없다.

아래의 그림 7. 은 일반적인 벽부 스위치를 통한 수동조명조절, 재실감지, 조도감지, 그리고 각 시스템들이 혼합 적용된 시스템들에 관한 에너지 절약 비율에 대한 비교 그래프⁴⁾이다.

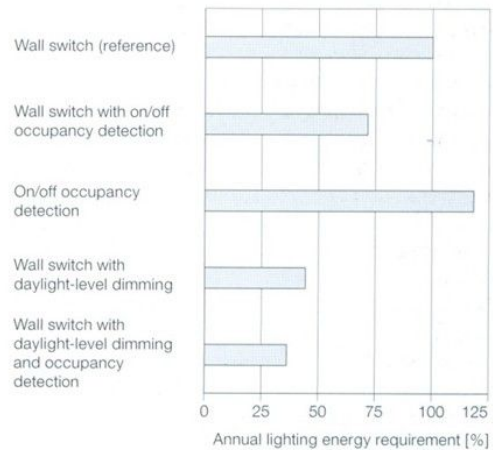


그림 7. 조명시스템에 따른 연간 에너지 소비량

4. 결론

생활의 최소한의 조도를 얻기 위해 시작된 조명은 점차 생활수준이 향상됨에 따라 일정 조도의 유지와 작업면의 균질한 조도분포에 대한 요구가 나타났고 현재 에너지 절약적인 측면까지 함께 부각되었다. 따라서 광원 중에서 가장 효율적이며 따뜻한 느낌을 주는 자연광을 적절한 방법과 정도로 활용해야 한다. 자연광은 따뜻한 색온도와 고조도로 인한 쾌적한 시 환경을 제공함으로써 업무의 효율과 편안함을 획득할 수 있다. 건축물에 자연광을 적극적으로 도입하여 에너지 절감과 실내 빛 환경 및 온열 환경 등의 실내의 전반적인 환경 개선이 가능하도록 적극적인 검토가 필요하다, 특히 지하실 및 주광이 도달하지 못하는 공간에 설비 도입을 통해 쾌적한 빛 환경을 조성함은 물론 에너지 절약

4) Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer, Energy Manual, 1st. edition, Edition Detail, 2008 pp137

에 많은 도움을 주게 되었다.

또한, 광원의 도입에 부가하여 적절한 조명 시스템의 구축을 통해서 이러한 목적은 상호 동시적으로 획득이 가능하며 실의 목적 및 점유 시간 및 실 사용시간, 자연광의 도입량에 따라 유연한 조명시스템을 채용할 필요가 있겠다.

쾌적한 빛 환경은 광원의 효율성과 그 조명의 효과적인 운영을 통해서 얻어질 수 있는 것이다.

참 고 문 헌

1. Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer, Energy Manual, 1st. edition, Edition Detail, 2008
2. Duffie, Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, 3rd Edition, WILLY, 2006.
3. 윤연주, 건축과 자연채광 시스템, 한국태양에너지학회지, 2009.
4. 김양섭, 권경우, 건축물의 외피부하 저감 기술, 한국그린빌딩협회의지, 2009.06
5. 이호열, 자연채광을 고려한 인공조명 제어시스템, 설비저널, 제35권 8호, 2006.08.
6. 송규동, 초고층 건축의 자연채광과 인공조명, 한국초고층건축포럼, 2005.09.
7. 이연구 외, 이해력을 향상시킨 건축설비, 태림문화사, 2006.08.