

# 통합 채광시스템의 건물 난방 에너지 성능평가

(Building Energy Savings due to Incorporated Daylight-Glazing Systems)

김정태\* · 안현태 · 김 곤\*\*

(Jeong-Tai Kim · Hyun-Tae Ahn · Gon Kim)

## 요 약

건물 내에 존재하는 자연광은 조명원으로 국한되지 않고 시각적, 심리적 자극을 통한 실내 환경의 질적 향상에 이르기까지 에너지절약 및 공간의 쾌적성에 큰 영향을 미친다. 유입되는 자연광량에 비례적으로 연동되는 건물에너지는 전기조명에너지를 절감시키고 난방 기간동안 일사열의 유입에 따른 난방에너지를 절감시킨다. 여름철에는 전기조명의 소등으로 인한 조명원의 발열량이 감소됨으로써 냉방부하의 감소에 이르기까지 포괄적인 영향을 미친다. 조명개발분야의 선진국에서는 에너지 절약형 광원의 대체와 아울러 자연채광과 통합된 최적 조명제어 기술의 운용만이 건물이 가지고 있는 에너지 절약의 잠재력을 현실화 시킬 수 있다고 판단하고 있다. 따라서 본 연구는 일반적인 사무소 모델 공간의 에너지 절약형 인공조명을 대상으로 자연광 유입에 따른 연동적 조명제어 기법을 적용하는 경우를 대상으로, 인공조명의 소등량에 따른 조명에너지의 절감량과 이에 수반되는 냉방에너지의 절감량 및 일사열 취득에 따른 겨울철 난방 부하 절감량을 분석함으로써 자연채광의 건물에너지에 대한 연간 기여도를 통합 분석하였다. 특히 자연채광의 성능은 실험을 통한 측정 데이터를 이용하고 에너지 해석 프로그램을 재구성하여 실질적인 절감량을 도출하도록 시도하였다.

## Abstract

The quantity of light available for a space can be translated in term of the amount of energy savings through a process of a building energy simulation. To get significant energy savings in general illumination, the electric lighting system must be incorporated with a daylight - activated dimmer control. A prototype configuration of an office interior has been established and the integration between the building envelope and lighting and HVAC systems is evaluated based on computer modeling of a lighting control facility. First of all, an energy-efficient luminaire system is designed and the lighting analysis program, Lumen- Micro 2000 predicts the optimal layout of a conventional fluorescent lighting fixture to meet the designed lighting level and calculates unit power density, which translates the demanded amount of electric lighting energy. A dimming control system integrated with the contribution of daylighting has been applied to the operating of the artificial lighting. Annual cooling load due to lighting and the projecting saving amount of cooling load due to daylighting under overcast diffuse sky are evaluated by computer software, ENER-Win. In brief, the results from building energy simulation with measured daylight illumination levels and the performance of lighting control system indicate that daylighting can save over 70 percent of the required energy for general illumination in the perimeter zones through the year. A 25[%] of electric energy for cooling and almost all off heating energy may be saved by dimming and turning off the luminaires in the perimeter zones.

Key Words : Light controls, Dimming, Lighting energy, Incorporated lighting

\* 주저자 : 경희대학교 건축공학과 교수, \*\* 교신저자 : 강원대학교 건축학부 부교수

Tel : 031-201-2539, Fax : 031-202-8181, E-mail : jtkim@khu.ac.kr

접수일자 : 2005년 5월 24일, 1차심사 : 2005년 5월 30일, 심사완료 : 2005년 6월 22일

## 1. 서론

빛을 얻기 위해서는 광원이 필요하며 건강한 빛을 위해서는 당연히 건강한 광원이 필요하다. 우리의 모든 시각적 적응과 진화는 자연의 빛을 근원으로 이루어져 왔으므로 질적으로 건강한 빛은 자연광의 스펙트럼에 가까워야한다. 따라서 자연스러운 빛을 얻는 가장 경제적인 방법은 자연의 빛을 건물내부로 유입시키는 건축계획이다. 이를 위해서는 모든 건물에 예외 없이 가지고 있는 개구부를 전기에너지를 사용하는 전등을 대하듯 과학적이며 광학적인 차원에서 다루어야 하는 과정이 요구되어진다.

양적인 측면에서 건물내에 존재하는 자연광은 건물 에너지 차원에서 해석될 수 있다. 환경보존과 고유가 시대를 맞이하여 건물 소유자나 사용자 모두의 다원적 이익창출을 목적으로 조명분야에서도 각 건축주체들은 현재의 조명 시스템의 운영비용과 새로운 조명 설비의 도입을 위한 경제성 검토로 부심하고 있다. 조명개발분야의 선진국에서는 경우 에너지 절약형 광원의 대체뿐만 아니라 조명기구의 최적 운용 기술의 개발만이 건물이 가지고 있는 에너지 절약의 잠재력을 현실화 시킬 수 있다고 판단하고 있다. 이 경우 광원의 효율향상은 기술적인 한계와 많은 개발기간이 요구하는 반면 조명기구 동작의 최적화 기술은 많은 방계 기술이 개발되어 적용화 단계에 이르고 있다. 대표적인 것이 고성능 집광 설비나 첨단채광시스템에 의하여 적극적으로 도입된 자연광을 이용하여 양질의 조명환경을 연출하는 절전형 주광이용기술이 최근 주목받고 있다.

주간에도 상시조명을 실시하는 사무소 건물의 경우 인공조명의 중요도가 상대적으로 높아짐에 따라, 인공조명설계도 주간을 대상으로 하여 실시하고 있다. 이에 주간에 자연광과 공존하고 통합시키기 위한 새로운 인공조명기법이 필요하게 되었다. 주간에 실내조명에 있어 창에서 들어오는 주광과 실내의 인공조명을 합리적으로 조합시킴으로써, 보다 쾌적하고 경제적인 조명환경을 형성하는 상시인공보조조명의 개념이 등장한바 있다. 첨단채광시스템을 도입하거나 자연광의 유입이 많은 내부구조를 가진 공간에서는 자연광만으로 필요한 수준의 조도가 확보될

수 있고 주광조도에 대응하여 인공조명을 소등함으로써 에너지를 절감할 수 있다.

본 연구는 자연광 유입량에 따라 비례적으로 운용되는 인공조명의 연동제어기법을 일반적 사무소 공간에 적용했을 경우 예상되는 연간 전반조명에너지 및 냉방부하의 정량적 절감량을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 또한 겨울철 난방기간 동안 채광부를 통해 취득되는 일사열에 의해 절감되는 기여도를 통합적으로 도출하였다. 이를 위해 해당공간에 최적의 에너지 효율적인 인공조명레이아웃을 설계하였으며, 자연채광 성능은 실험을 통한 측정 데이터를 이용하고 에너지 해석 프로그램을 재구성하여 실질적인 절감량을 도출하도록 시도하였다.

## 2. 가변조명 제어 및 운용이론

### 2.1 자연광과 인공광의 병용조명 이론

주간에 사용되는 건물 프로그램의 경우에도 창면으로부터 심도가 깊은 공간은 전기 조명에 의존해야 하는 경우가 일반적이다. 창면부와 고심도 공간의 경계부에 해당되는 공간의 경우 자연조명만으로는 불충분하거나 불유쾌한 시환경이 조성되므로, 자연광이 주된 조명원이 되는 경우 실내상시보조인공조명(PSALI: Permanent Supplementary Artificial Lighting in Interior) 또는 주광인공광병용방식(combined system of daylight and electric light) 개념의 인공조명기법이 제기된 바 있다. 보조인공조명의 광량은 자연광과 설계조도의 차이에 연동하여 조절되며 이때 광원은 가능한 자연광에 가까운 연색성을 가지는 색온도 6000[K] 주광색 형광램프 또는 4500[K] 정도의 백색 형광램프가 유용하다.

자연광의 변화에 통합적으로 운용되는 인공조명의 제어 기법은 실내와 창부근의 조도 차를 기준으로 하는 것과 창면과 창벽면의 휘도차이를 기준으로 하는 두 가지 방법이 대표적이다. 조도 기준형 상시인공보조조명은 에너지 효율적인 조명을 이용하여 실내측과 창부근의 조도를 균일하고 균형 있게 유지하는 기법이다. 주간에 실내에서는 창쪽의 휘도가 매우 높아지며 창에서 가까운 천장이나 벽은 어둡게

보이며 대비효과에 의해 창 표면에서의 눈부심이 발생한다. 물체나 인물은 실루엣으로 보이며 실내는 더욱 어둡게 느껴진다. 이와 같은 현상을 막기 위해서는 실내의 인공조명을 창의 휘도에 비례하도록 하고 그 균형을 유지시키는 것이 필요한데 이러한 기법을 휘도 기준형 상시인공보조조명 또는 완화조명이라 하며, 에너지가 절약되는 동시에 양질의 조명환경을 확보하는 것을 목적으로 한다.

## 2.2 자연채광 통합 제어기법

인공조명의 에너지 절약기법은 주로 조명기구의 사용시간을 감소시키는 일차원적인 개념으로 이해되어 인체의 움직임에 감지하는 광센서 방식의 제어기법에 치중하면서 만족할만한 결과에 이르지 못하고 있다. 최근에 이르러 주광감응 제어시스템 개발, 창문 일체식 조광제어시스템, 천공모니터링 시스템 등 주광과 인공조명의 통합 제어 시스템들이 개발되고 있다. 사무소 공간에 사용되는 일반적인 광원인 형광등용 안정기가 자기식에서 전자식 안정기로 교체됨에 따라 조광제어가 가능하게 되어 에너지 절약의 새로운 방법으로 주목받고 있다.

통합제어의 기본적인 개념은 상시인공보조조명을 위해 제어회로를 설치하여 조명기구가 자동적으로 점멸되거나 점등되는 방법과 빛의 양을 부분적으로 조절하는 조광장치를 설치하는 방법이 있는데, 이를 통칭하여 주간인공조명 제어장치라고 한다. 보조조명 점멸제어장치는 실내의 주광레벨을 감지하여 조명기구를 점등하는 외광 수광기로 구성되며, 창쪽에 있는 작업면의 조도를 측정하는 방식일 경우에는 조명기구의 점멸에 따라 작업면의 조도가 크게 변화하게 되므로 조명기구를 원활하게 제어하는 것이 용이하지 않다. 이와 같은 단순 점멸의 단점을 보완하기 위하여 3단계 조광용(강/중/약/점멸) 제어가 개발되어 주광의 강도에 보다 효율적으로 연동되도록 한 제어기법도 있다.

연속조광방식은 주광의 변화에 자동적으로 적절하게 대응하며 실내조도가 균일하게 변화하므로 점멸방식보다 쾌적한 조명환경을 만들 수 있다. 연속조광제어장치는 내광 수광기, 제어판, 안정기로 구성되며 주

로 천장에 매입된 실내 광수광기에서 감지된 조도의 양에 대응하여 조명기구를 연속적으로 조광한다. 또는 북쪽 창을 통하여 감지되는 자연광의 세기는 계절별로 변화하는 외부조도를 대표한다고 할 수 있으므로 이를 기준으로 하여 전체 건물의 공간들을 제어한다.

## 3. 통합성능평가용 인공조명설계

### 3.1 모델 사무소 공간의 정형화

주광의 광도에 대응하여 연동적으로 조광하는 주간인공조명 연속조광 제어장치를 이용하여 자연광과의 통합 조명시스템의 성능평가를 실시하기 위하여 일반적인 형태의 사무소 건물 외주부의 장방형 일부분을 모델공간으로 그림 1과 같이 정형화하였다. 실내의 크기는 폭 21[m], 깊이 9[m], 천장 높이는 3[m]와 3.6[m]의 두 종류로 설정하였으며 장방형 창은 벽의 양단에서 30[cm] 씩 떨어뜨렸으며, 상인방 30[cm], 하인방 75[cm]를 기준으로 건물 남면에 설치하였다.

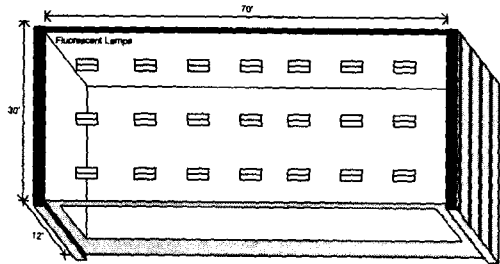


그림 1. 모델 사무소 공간의 형상

Fig. 1. Configuration of prototype of the office model

표 1 자연채광관련 건물입면 변수

Table 1. Building elevation variables related to daylighting

기 호	천장고 ([m])	창크기 ([m])	차양	지면반사율 (%)
E 1	3.0	20.4 x 2	없음	40
E 2	3.0	20.4 x 2	완전	20
E 3	3.6	20.4 x 2.6	없음	40
E 4	3.6	20.4 x 2.6	완전	20

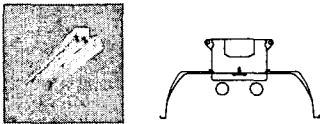
## 통합 채광시스템의 건물 냉난방 에너지 성능평가

자연채광적 건물변수로서 표 1과 같이 건물 입면 개구부의 형태를 설정하였다. 개구부 주위의 지면 반사율, 다양한 천장고, 그에 비례하는 창의 크기 및 일반적으로 적용되는 차양을 포함하여 실질적인 선택적 대안이 가능하도록 고려하였다.

### 3.2 인공 광원 선정

조명기구는 여러 광원의 특성을 고려하여 의도한 목적에 맞도록 광원램프로부터 발산되는 빛을 제어하고 배광하여 조명의 특성, 실내 분위기 및 경제성을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 조명 기구는 그 부착방식과 원의 휘도 방지 방식에 의하여 다양하게 분류할 수 있으며, 기구의 실내 출력광량 및 효율에 큰 영향을 미친다.

표 2. 인공조명설계용 조명기구  
Table 2. Description of Lighting fixture for the office model

조명기구 종류	40[W] 2구 하면개방형 형광등기구	
형 상		
램 프	형광등(Cool White)	
램프별 watt	40[W]	
총 watt	80[W]	

공간의 용도와 특성에 관계없이 전반조명에 가장 일반적으로 쓰이는 조명원은 형광등이다. 기본적인 수준의 수평면 조도를 확보하기 위한 가장 에너지 효율적인 방법이기 때문이다. 본 연구에서는 표 2와 같이 사무 공간에 가장 일반적으로 사용되는 광원인 40[W] 2구 하면 개방형 형광등기구를 이용하여 에너지 절약적인 조명설계를 실시하였다. 현휘방지를 위하여 반투명 유백색면을 부착한 경우 효율은 75[%]정도로 감소되었다. 그릴 등의 루버를 사용할 경우 그 감소량은 10[%] 미만으로 실내 분위기 연출을 위하여 고려할 여지가 있으나 건축화 조명기법의 하나인 광천장 등과 같은 경우는 25[%]정도의 효율

감소가 불가피하다.

### 3.3 조명해석 프로그램 : Lumen-Micro 2000

설계된 조명계획안의 성능을 평가하기 위하여 조명해석용 프로그램 Lumen-Micro 2000을 사용하였다. 이 프로그램은 현재 조명업계에서 개발된 대부분의 광원 및 조명 기구에 대한 광학자료를 데이터 베이스로 제공하며 인공조명뿐 아니라 자연채광 기법의 성능평가도 동시에 할 수 있어 상호보완적인 조명계획이 일괄적으로 가능하다. 특히, 조도 수준의 평가뿐만 아니라 소요 에너지량, 수직면 조도 및 벽면 발산광량 등 다양한 결과를 수치와 도식으로 나타낼 수 있다. 일반적으로 조명환경 성능평가 프로그램이 다루는 건축적 변수들 이외에 천장, 고창, 광선반, 차양, 외부 건물의 영향 등의 채광 성능평가가 가능한 장점도 가지고 있다.

### 3.4 인공조명설계 및 성능분석

조명기구는 건축모듈계획에 맞추어 배치하거나 입주자의 필요에 따라 칸막이를 이용하는 경우를 포함하여 내부 형상이 변화될 경우에도 균일한 조도가 유지되도록 균등하게 전반조명으로 배치 계획하는 것이 합리적이다. 조명기구의 배치 간격이 너무 넓어서 적정 수준의 수평면 조도에 이르지 못하거나 사람의 피부 표면의 조도가 낮아짐으로 인해 전체 실내 분위기가 부정적으로 인식되는 것을 방지하기 위해 많은 고려가 필요하다.

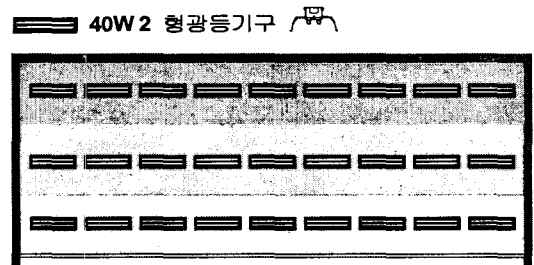


그림 2. 모델 사무소 공간의 조명설계안  
Fig. 2. Lighting layout for the office model

일반적으로 천장의 높이와 조명기구의 취광각을 고려하여 조명기구의 배치 레이아웃을 결정한다. 모델 사무소 공간의 작업면 설계조도를 500[lux]로 설정하여 40[W] 2구 하면 개방형 형광등기구의 레이아웃을 계획한 결과 모두 27개의 조명기구가 필요하여 건축 공간모듈에 대응한 3x9의 배치를 그림 2와 같이 계획하였다.

본 조명계획안은 남측 창을 통하여 유입되는 자연광량에 대응하여 연속적으로 조광 제어되어 통합관리시의 성능평가의 기본 인공조명안으로 이용된다. 계획된 조명안에 의하여 실내에 형성되는 조도의 분포는 그림 3에 나타나 있다. 조명기구의 위치에 따라 다소의 불균일한 분포를 보이고 있으나 조명의 방향상 측창에 의한 자연광의 분포에 비해 매우 균질한 편이다.

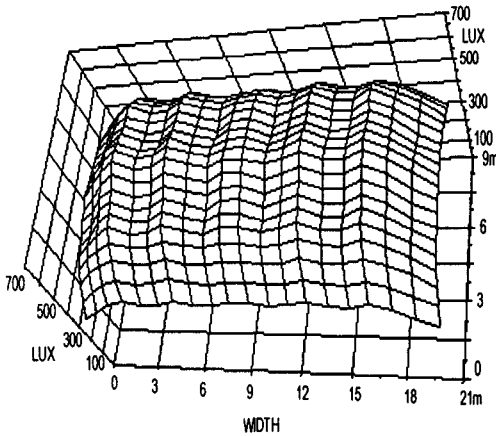


그림 3. 모델 사무소 공간의 인공조명 조도 분포  
Fig. 3. Illuminance distribution of the office model

## 4. 자연광의 건물에너지 절감효과 분석

### 4.1. 분석 방법

남측벽면에 설치된 개구부에 의해 기대되는 모델 사무소 공간의 잠재적 자연채광성능은 주간에도 점등되는 인공조명기구의 운영기법과 통합적으로 연계되어야 한다. 이는 실내조도의 균등한 분포를 통

한 시각적 쾌적성과 동시에 변화하는 자연광량에 대응되는 연속적인 점멸로 에너지 절감을 유도할 수 있기 때문이다. 이와 같은 통합화의 성능을 정량적으로 분석하기 위하여 앞서 계획된 조명설계안에 그림 4에 도해된 것과 같이 실내 권역별 내부 수광기와 연속 조광용 디머를 설치하여 자연채광과 인공조명의 통합적운용을 실시하였다.

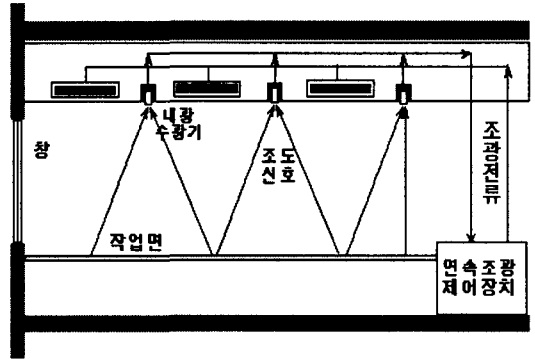


그림 4. 연속조광방식 자연광 통합 조명설비 시스템  
Fig. 4. Integrated lighting controls with continuous dimming

통합조명설비의 운용 시 자연채광에 의한 실내조도기준은 일반 사무소 공간을 기준으로 500[lux] 정도 설정하는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 주광에 의한 절감량이 과다 평가되지 않도록 하기 위하여 600[lux]로 설정하였으며 아울러 실내 어느 지점에서나 기준조도를 유지할 수 있도록 하기 위하여 각 조명권역내에 창으로부터 가장 먼 위치에 감지기를 설치하였다. 실질적인 자연채광 성능분석을 위하여 모형을 제작하여 담천공 상태를 대상으로 T대학에 설치된 인공 천공돔에서 실험을 실시하였다. 담천공은 가장 불리한 자연채광 조건으로서 주광의 기여도가 과다 산정되는 것을 방지하기 위하여 설정되었으며 맑은 하늘상태의 경우 이보다 더 높은 주광이용 효과를 기대할 수 있다. 인공천공돔의 담천공 상태에서 측정된 각 건물입면변수별 주광률 (Daylight Factor) 수치를 이용하여 프로그램을 재구성하였으며 이와 같은 과정을 통하여 실질적인 자연채광 효과가 건물 에너지 분석에 적용되도록 하였다. 건물에너지 분석을 위한 대상 공간의 열적 건물 변수는 표 3과 같다.

통합 채광시스템의 건물 냉난방 에너지 성능평가

표 3. 에너지분석용 건물변수

Table 3. Thermal property of the office model

Building Envelope	Area (ft <sup>2</sup> )	Description	U-value	Solar Abs.
South Wall	840	Precast Concrete	0.079	0.57
East Wall	360	Precast Concrete	0.079	0.57
North Wall	840	Precast Concrete	0.079	0.57
West Wall	360	Precast Concrete	0.079	0.57
Roof	2100	Built-up Roof w/ Metal Deck	0.058	0.75
Floor	2100	R-11-Floor-Effective R-19	0.1	1.0
window on South	500	Double Plate Heat Abs.	0.55	0.57 (SHGF)

Light Type	Lighting (Watt/ft <sup>2</sup> )	Equipment	Target(lx)	Daylit Depth(ft <sup>2</sup> )
Fluorescent	2.5	0.5	600	30

Infiltration Rate(ACH)	Ventilation (CFM/person)	A/C	Heating
0.7	7.4	V.A.V	Gas

4.2. 건물에너지 분석도구

자연광 유입량에 따른 조명기구의 연속적인 조광과 이에 수반되는 조명기구의 발열량 감소를 냉방에너지 절감량으로 환산하고 채광부를 통한 일사열 취득량 산정과 이를 위한 난방부하 절감량을 산정하기 위하여 건물 에너지 분석 프로그램인 ENER-Win을 이용하였다. ENER-Win은 미국 Texas 주립대학교에서 개발된 건물 에너지 분석을 위한 범용 프로그램으로 공간조직에서부터 건물외피구조의 선택에 이르기까지 실질적인 건축적 대안을 선정하는 평가도구이다. 포괄적인 기후자료 및 다양한 건축설비의 성능자료를 데이터 베이스로 내장하고 있으며 건축적 대안 및 초기투자에 대한 경제성 검토까지 수행한다. 본 연구에서는 담천공하에서 남면 창에 의해 얻어지는 자연채광효과를 주광을 지표로 자료화하여 ENER-Win program 소스 코드에 입력하여 미국 Texas 주의 San Antonio(30°N, 97°W)지역의 기후 자료를 이용, 연간 조명 에너지 절감량과 조명기구 점멸에 의한 연간 냉방 부하 절감량, 일사열 취득에 의한 난방부하 절감량을 동시에 추출하였다.

4.3 자연채광의 건물에너지 성능

(1) 조명에너지 절감량

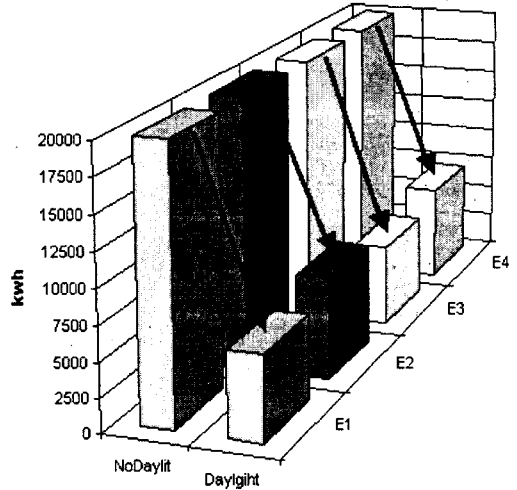


그림 5. 연간 조명에너지 사용량

Fig. 5. Annual energy consumed for lighting only

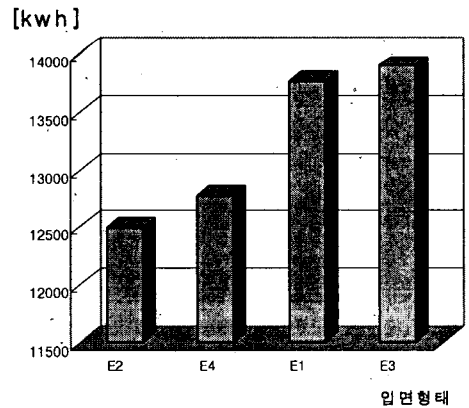


그림 6. 연간 조명에너지 절감량

Fig. 6. Annual energy saving due to daylight

자연채광 효과를 고려하지 않고 주간에는 조명을 점등하는 사무소 건물의 조명에너지의 사용량 (NoDaylight) 과 주광량에 대응하여 연동적으로 조광하는 제어시스템이 적용된 경우 다양한 건물 개구부의 형상에 따른 연간 조명에너지의 소비량이 그림 5에 비교되어 있다. 개구부의 형상에 크게 관계없이

자연채광효율과 연계하여 인공조명을 운용할 경우 약 70[%]의 인공조명 에너지가 절감되는 효과를 알 수 있다(그림 6).

**(2) 난방에너지 절감량**

남측면에 계획된 유리 개구부를 통하여 얻어지는 태양 취득열은 건물의 난방에 이용될 수 있다. 이를 위한 자연형 태양열 건축계획기법은 직접 취득형, 축열벽 형식 등 다양하지만 가장 이해하기 쉬운 방법은 창문을 통한 일사취득열이 건물 전체의 난방 부하를 상쇄할 수 있는 잠재력을 나타낸 태양열 난방 절감률(Solar fraction)의 개념이다. 식 1과 같이 건물의 전체 난방부하에서 일사에 의한 기여분(Lsolar = 건물전체난방부하 - 보조열원 난방부하)을 난방기간동안 합산하여 지수화한 것이 태양열 난방절감률이다.

$$f = \frac{L_{solar}}{L_{total}} = \frac{\sum_{yr} (L_{total} - L_A)}{\sum_{yr} L_{total}} \quad (1)$$

본 사무공간의 경우 상대적으로 남측면에 대한 개구부의 면적이 크고 건물 위치가 비교적 저위도인 Texas 남부 도시를 대상으로 한 것으로써, 천장고 변화(3.0[m], 3.6[m])에 비례한 창문 면적의 크기변화에 따라 동절기에 발생하는 전체 난방부하의 77[%]에서 83[%]를 태양열로 해결할 수 있는 잠재력을 가진 것으로 분석되었다. 한국의 기상조건과는 차이가 있으나 한국의 경우에 적용하여도 많은 기여도를 기대할 수 있을 것으로 사려된다.

**(3) 냉방에너지 절감량**

내부 발생열량이 많은 사무소 건물은 일반적으로 냉방이 주된 에너지적 관심사가 되는 건물 유형이다. 따라서 주간엔 장시간 점등되는 조명기구로부터 발생하는 열량으로 인한 냉방부하의 증가분은 냉방에 큰 영향을 미친다. 자연채광의 기여분에 대응하여 조명기구가 점멸될 경우 조명기구 발생열이 감소하여 비롯되는 냉방부하의 감소는 자연광 통합 인공조명설비용의 부가적인 장점이다. 컴퓨터 시뮬레이션

결과 그림 7과 같이, 인공조명이 점등될 경우와 비교하여 연간 약 30[%]의 냉방부하가 절감될 수 있는 것으로 나타났다.

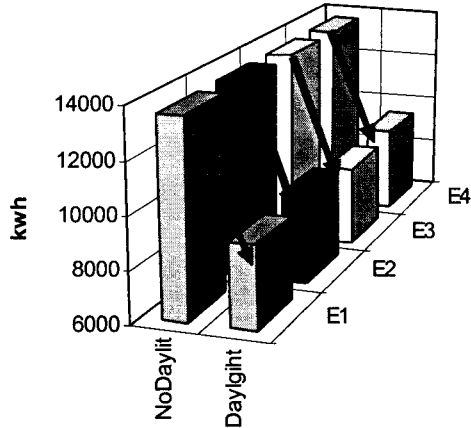


그림 7. 연간 냉방에너지 사용량  
Fig. 7. Annual energy consumed for cooling only

**5. 결 론**

유입되는 자연광에 대응하여 연속적으로 조광되는 조명제어 시스템은 최소의 조명 에너지로 최적의 조명환경을 제공할 수 있으며, 실내 공간의 이용에 융통성과 편리성의 증대 시킬 수 있다. 또한 다양한 제어 기법을 적용할 경우 공간의 시각적 자극과 쾌적함을 창조하는데도 기여하는 등 긍정적인 효과가 매우 크고 다양하기 때문에 앞으로 첨단 조명제어 시스템을 도입하는 건물은 더욱 증가할 것이다.

자연광의 변화에 적극적으로 연계된 통합조명설비시스템의 기대효과는 실내 조도의 균질성 확보를 통하여 조명환경의 개선되며, 또한 다음과 같은 에너지 절감효과가 나타났다. 1) 일반적으로 작업면 조도 600[lux] 정도를 기준으로 외주부에 한정하여 연속조광방식을 통합제어운용 할 경우 자연채광이 전혀 고려되지 않는 경우에 대비하여 자연채광으로 인하여 연간 약 70[%]의 인공조명 에너지 절감 효과가 나타났다. 2) 자연광 유입에 따라 인공광원이 점멸되어 광원으로부터의 발열량이 감소하여 기대되는 냉방 에너지 절감량을 분석한 결과 연간 30[%] 정도의

## 통합 채광시스템의 건물 냉난방 에너지 성능평가

냉방 부하 절감 효과가 나타났다. 3) 겨울철 채광부를 통하여 유입되는 일사취득열량이 난방부하를 대체하는 효과를 평가한 결과 연간 70[%] 이상의 난방 부하가 절감되는 것으로 나타났다.

본 건물 에너지 분석은 일사량이 상대적으로 많은 Texas 남부지역을 대상으로 실시한 것이나 한국의 기상조건을 적용하여도 크게 다르지 않은 효과가 나타날 것으로 사려된다. 부가적으로 조광기능에 적절한 보다 효율적인 안경기의 개발과 보급, 제어방법의 최적화와 다양한 사례연구를 통하여 적용기술을 발전시키고 각종 네트워크 시스템과 통합하여 제어하는 지능형 제어시스템의 연구가 수행되어야 할 것이다. 아울러 사용자들에 대한 교육과 홍보 및 보급 제도가 전략적으로 추진되어야 통합제어설비의 효과가 극대화될 수 있을 것이다.

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 M1-0318-00-0272)의 지원에 의해서 연구되었음.

## References

- [1] Lee, J. W., et. al, Electricity and Lighting for Interior, Dongil, 1997.
- [2] Kim, J. T., et. al, Building Service System, Kimmoondang, 2002.
- [3] Park, D. et. al., Guidebook for the Design and Installation of Lighting System, UI-JAE, 1999.
- [4] Editorial department, Lighting controls for energy conservation, Lighting and Interiors, Vol.58, pp.104-117, 1998.
- [5] Editorial department, Lighting and building management, Lighting and Interiors, Vol.43, pp.124-129, 1995.
- [6] Ballman, T.L. and R.E. Leven. Illumination in Partitioned Space, Journal of the IES, Summer, IESNA, New York, NY. pp. 31-49, 1987.
- [7] Boyer, L.L. Multiple Validation of Annual Energy Savings Analysis Techniques for Preliminary Daylighting Design, Proc. 2nd International Daylighting Conference, Long Beach, 1986.
- [8] Degelman, L.O. ENERCALC: A Weather and Building Energy Simulation Model Using Fast Hour-by-Hour Algorithms, The 4th National Conference on Micro-Computer Applications in Energy, April, Tucson, AZ, 1990.
- [9] Hunt, D.R.G. Improved Daylight Data for Predicting Energy Savings from Photoelectric Controls, Lighting Research and Technology, Vol. 11, No. 1, The Chartered Institution of Building Services Engineers, UK. pp. 9-23, 1979.
- [10] IESNA, IES Recommended Procedure for Lighting Energy

Limit Determination for Buildings, Journal of IES, IESNA, New York, N.Y., Vol(24:1), pp.188-207, 1995.

- [11] Lighting Technologies, Lumen Micro 7 User's Guide. 1998.
- [12] Littlefair, P.J. Predicting Annual Lighting Use in Daylight Buildings, Building and Environment, Vol. 25, pp. 43-54, 1990.

## ◇ 저자소개 ◇

### 김정태 (金正泰)

1953년생. 1977년 연세대학교 건축공학과 졸업. 1979년 동 대학 건축공학과(석사). 1985년 동 대학 건축공학과(박사). 1986~1987년 영국 캠브리지대학교 박사 후 연구원. 현재 경희대학교 건축공학과 교수 겸 채광조명시스템연구센터(과학기술부 국가지정연구실) 소장. Tel : (031)201-2539. email : jtkim@khu.ac.kr

### 안현태 (安鉉台)

1964년생. 1987년 경희대학교 건축공학과 졸업. 1990년 Washington State University 건축대학원 졸업(M.Arch). 2000년 경희대학교 건축공학과 졸업(박사). 현재 경희대학교 건축공학과 전임강사. Tel : (031)205-2537, email : ahnpark2@kornet.net

### 김 곤 (金 坤)

1964년생. 1986년 한양대학교 건축학과 졸업. 1988년 연세대학교 건축공학과(석사). 1993년 Texas A&M University 건축학석사(M.Arch). 1996년 Texas A&M University 건축학 박사(Ph. D). 현재 국립 강원대학교 건축학부 부교수. Tel : (033)250-6224. email : gonkim@kangwon.ac.kr