

모델 사무실의 조명제어 범위에 관한 연구  
A study on Illumination control range of Model Interior

‘89추계학술발표회  
89 - 9

송 언 빈                      한국건설기술연구원  
홍 규 장\*                     한국건설기술연구원

ABSTRACT

Daylight is regarded by most people as preferred light source for interior lighting. With proper design, daylight can save electric lighting during daytime.

This paper attempts to show that better use of daylight might be the balanced use of supplementary artificial lighting at times and places where the natural lighting is inadequate with consequent cost and energy saving

1. 서론

조명설비는 보급률이 높은 설비이면서 전기 설비나 기계설비와 비교해서 일반적으로 경시되는 경향이 있어 왔으나 에너지 파동 이후에 에너지의 이용 및 절감 방법등에 관심이 대두되었다. 따라서 조명제어에 있어서도 종래에 무조건 조명의 질과 양을 절약하기 위해서 시

작업의 피로나 과실의 유발과 환경의 열화로 인한 작업의욕의 감퇴를 유발하는 제어방식으로는 곤란하게 되었다. 특히 사회 구조의 복잡화, 수요의 다양화등을 뒤받침하는 정보시스템의 보급에 따라 작업환경의 다양화, 고도화 및 개인별 기호도 존중할 수 있는경제적인 조명설계방법이 채택되어야 한다.[1]

최근에는 균일하고 안정된 빛을 제공하는 인공조명의 발달로 인공조명의 사용이 증가하여 전기에너지가 증가하게 되고 지나친 획일성에 대한 권태감 등으로 인해 자연광에 대한 관심이 고조 되었다.

그러나 사무소 건물은 주로 주간에 사용하므로 자연광을 효과적인 조명으로 활용 하지만 천정의 높이가 낮고, 깊이가 깊은 방의 경우는 남향의 방이라도 입사하는 자연광은 방의 깊은 곳까지 도달하지 않아 실내조도의 불균형 등 밝기의 차이를 나타내고 있다.[2]

따라서 본 연구에서는 창가에서 입사하는 자연광을 주조명으로 하여 그 양의 부족을 보충하고 조명의 질을 개선하기 위해 인공광을 보

조조명으로 사용하는 방법인 PSALI(Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interior) 기법을 이용하여 주광의 변화에 대해서 조도분포의 균일화를 실현 하도록 모델사무실의 조명제어 범위를 설정한다.

## 2. 주 광

건물의 유리창에 입사하는 주광은 (1) 직사일광, (2) 천공광로 구분한다.

직사일광은 주로 태양의 고도와 대기상태에 따라서 변화하게 되어 실내에는 조도 분포의 불균일, 창 의 직접글레이등으로 건축물의 채광 설계에서 직사일광을 광원으로 채택하는 경우는 극히 드물다. 천공광은 태양으로부터 방사하는 빛의 일부가 대기중에 확산, 흡수, 투과등을 반복하면서 지표면에 도달하는 것으로 태양 고도의 변화에 대한 직사일광과 천공광의 변화는 식(1),(2),(3)과 같이 표현된다.

(1) 법선면의 직사일광

$$E_n = 124000 * \exp(-0.23 * m) \quad (1)$$

(2) 수평면의 직사일광

$$E_s = E_n * \sin(h) \quad (2)$$

(3) 맑은날(Clear sky) 수평면조도

$$E_c = 16250 * (\sinh)^{1/2} \quad (3)$$

여기서  $m$  : 공기질량 (=cosech)  
 $h$  : 태양의 고도 이다.

하늘에 구름이 부분적 또는 완전히 덮혀있을 경우 주광의 변화를 맑은날(clear sky), 약간 된날(thin cloud), 완전히 흐린날(overcast cloud)로 구분하면 식(4),(5)와 같다

(1) 흐린날의 수평면조도

$$E_h = 0.26 * E_s + 0.54 * E_c \quad (4)$$

(2) 약간 흐린날의 수평면조도

$$E_h = 0.35 * E_s + 0.89 * E_c \quad (5)$$

### 2.1 하늘에서의 휘도 분포

주광을 디자인 하는데 있어서 흐린날의 휘도가 모든 방향에서 일정한 것으로 가정하였으나 이와같은 조건은 실제적으로 거의 발생하지 않고 계산과 비교를 위한 기준으로 사용하고 있다. 흐린날의 수평면에 대한 휘도 분포는 및 맑은날의 휘도분포는 식(6),(7)과 같다.[3]

$$L_\theta = 3/7 * E_h * (1 + \sin^2 \theta) \quad (6)$$

$$L_\theta = L_z * \frac{1 - \exp(-0.32x \operatorname{cosec} \theta)}{0.27385} * \frac{0.91 + 10 * \exp(-3\phi) + 0.45 * \cos^2 \phi}{0.91 + 10 * \exp(-3z) + 0.45 * \cos^2 z} \quad (7)$$

여기서  $L_z$  : 천정의 휘도  
 $\phi$  : 태양의 위치와 sky-point 사이의 각도(라디안)  
 $z$  : 태양과 천정사이와의 각도(라디안)  
 $\theta$  : sky-point 의 고도 이다.

R.O.Phillips[3]는 하늘의 밝기는 태양의 위치에 따라 변화하고, 휘도는 sky-zone 의 방위각이 태양에서 멀어질수록 감소하며, 방위각이 120°-- 180°에서 휘도의 분포는 일정하고 약 180°방향에서 휘도분포의 패턴이 흐린날과 반대임을 밝히고 있다.

### 2.2 주광과 직사일광의 조명도와 유효성

직사일광과 주광의 유효성과 조명도는 기후, 고도, 시간등에 변화하여 일반적으로 조명도는 알려지지 않고 있다. 따라서 주광을 디자인하

는데 어려운 점이 있지만 대략적으로 휘도효율과 복사데이터를 곱하여 계산한다.

수평면에서 흐린날의 평균조명도는 5000[LUX]에서 15000[LUX]이며, 맑은날의 최대조도는 태양과 법선면에서 100000[LUX]에서 150000[LUX]이지만, 대기가 쾌청한 경우 수평면조도는 약 17000[LUX]이고, 대기가 혼탁한 경우는 23000[LUX]이다.[4]

송연빈[5]는 건물의 수직개도구의 주광입사량은 개도구의 방향 및 태양의 움직임 따라 변화됨을 밝히고 있다.

### 2.3 주광과 인공과의 균형

실내에 주광입사량은 창의 면적과 투과율에 좌우되며 창가의 조도가 실내 안쪽부분에 비하여 높은 특성을 가지고 있다. (그림 3)

그림에서 보면 실내 깊은곳에서는 밝은 날에도 주광만으로 조명을 대처할 수 없으므로 인공조명을 이용하여 깊은 부분의 조도를 보충하여 실내조도분포의 균일화를 기하여야 한다.

### 3. 모의실험

본 연구에서 사용한 데이터는 "IES"[6]을 기준 하였고 맑은날 휘도가 균일하게 분산되는 것으로 하였다. (표 1)

모델사무실의 구조는 그림(1)과 같으며 창의 수직면의 조도는 식(8)과 같다.

$$E_{window} = E_{sun} * \cos \phi * \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (8)$$

여기서  $\phi$  : 태양의 고도 (=28°N)  
 $\alpha_1$  : 태양의 방위각 (=30°)  
 $\alpha_2$  : 창의 방위각 (=11°) 이다.

창에 영향을 미치는 ground-light-contributi

on은 대지의 반사율 및 유리창과 대지와의 거리에 따라 변화하며 대지는 무한크기의 대지로 가정하고 균일한 휘도 분포를 가지는 것으로 하였다. 대지의 휘도는 식(9)와 같다.

$$E_{ground} = 1/2 * L_g$$

$$L_g = E_h * \tau_{ground} \quad (9)$$

여기서  $\tau_{ground}$ 는 유리에 대해서 6%로 한다.

유리창을 통한 실내의 조도분포는 유리창을 직사각형의 완전확산광원으로 가정하면 식(10)과 같다. (그림 2)

$$E = L/2 * \{ \text{atan}(b/x) - x / \sqrt{(x^2 + a^2)} * \text{atan}(b / \sqrt{(x^2 + a^2)}) \} \quad (10)$$

여기서 a : 창의 가로  
 b : 창의 세로  
 x : 창으로 부터 거리  
 L : 휘도 이다.

수직면에 대한 조도 변화에 대한 실내의 최대, 최소, 평균조도는 표.2와 같다.

표에 의하면 이모델에서 맑은날의 조도는 평균치가 154[LUX]--394[LUX]로 사무실의 최저 조도 기준인 300[LUX]를 만족하고 있는 시간대는 10 A.M -- 2 A.M 이다.

따라서 인공조명의 설계조도를 E라고 하면 필요한 주광조도는 설계조도의 1/2 이상의 범위까지 인공조명을 소등하여도 그 범위에서 설계조도를 만족하므로 시간대를 달리하여 제어범위를 8[ft]까지 설정할 수 있다. (그림 4)

인공조명의 조도 분포는 그림 5와 같고 인공조도의 평균조도는 344[FC]이며 A등을 시간대별로 제어한 경우 그림 6,6-1,6-2 와같이 제어범위를 12[ft]까지 설정할 수 있다.

### 4. 결 론

본 연구에서 모델사무실을 선정하여 참가에서 입사하는 자연광을 주조명으로하여 그 양의 부족을 보충하고 조명 질의 개선을 도모하기 위하여 인공광을 보조조명으로 사용하는 방법을 고찰하였다.

자연광이 조명 설계에 비합리적인 요소를 포함하고 있으나 자연광은 인공적인 환경인 실내와 자연의 이음매로서 재실자에게 많은 심리적 장점을 주고 있어 그 가치가 높다.

그러나 천장이 낮고 깊이가 깊은 건물에 있어서 주광만으로는 적절한 조명 환경을 제공하지는 못한다.

따라서 본연구에서 고찰한 바와 같이 주광과 인공조명을 적절히 이용한다면 쾌적한 조명환경 뿐만 아니라 자연 에너지의 효율적인 이용 및 절약에 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 앞으로는 태양의 움직임에 의한 주광의 변화에 대해서 조명을 관리하는 연구가 계속되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

### 1. 대한전기협회

"에너지 절약을 위한 전기사용 합리화의 실무지침" 1877

### 2. 송화전기산업

"조명레벨의 합리적인 배분"

### 3. R.O.PHILLIPS

"Making the Best of Daylight in Building"

- Building Energy management -

### 4. E.Ne'man and D.Shifteling

"Daylight for Energy Saving and Well-

Being"

### 5. 송연빈

"건물자동화를 위한 공조 시스템 및 조명 제어 조건에 관한연구"

한국건설기술연구원

### 6. "IES Lighting Handbook", 1981

### 7. 대한전기협회

"현대 조명 환경 시스템", 1985

### 8. Fredrick C. Winklmann

"Daylight Simulation in the DOE-2 Building Energy Analysis Program" - Energy And Building, 8, 1985

### 9. Ronald N. Helms

"Illumination Engineering for Energy Efficient Luminous Environments" Prentice-Hall, 1980

(표 1 Illumination(footcandles) 복위 38°)

시간 면	8 AM 4 PM	10 AM 2 PM	NOON
수평면	2500	6000	6900
수직면	100	2000	3000

조명계수

시간	Kave	Kmin	Kmax
clear sun-sky	0.84	0.47	1.70
ground	0.57	0.32	0.83

맑은날 수직면의 평균조도[FC]

형태 시간	CLEAR	SUN	GROUND
8, 10 4, 2(시)	450, 1150 1100	2480, 5530 5875	55, 215 260

표 2 유리창의 조도

(1) 8 A.M., 4 A.M

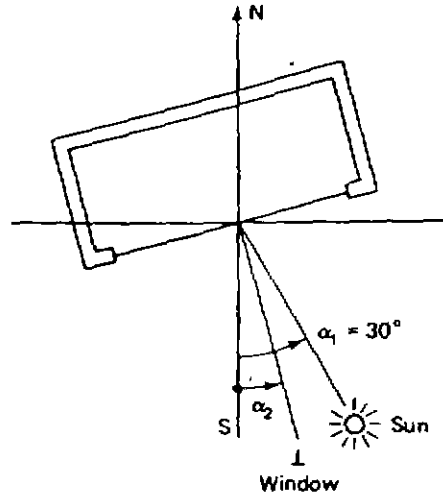
	CLEAR	GROUND	SUN
평균	76.34	6.33	397.8
최대	154.5	9.22	805
최소	42.71	3.55	222.57

(2) 10 P.M., 2 A.M

	CLEAR	GROUND	SUN
평균	195.1	24.75	887
최대	394.8	36.04	1795
최소	109.1	13.89	496.3

(3) 정오

	CLEAR	GROUND	SUN
평균	186.6	29.93	942.37
최대	377.7	43.58	1907.2
최소	104.4	16.80	527.28



모델사무실의 구조 및 위치와 상태

방의 크기  
 가로: 7.62[M](=25[ft]), 세로: 4.88[M](=16[ft])  
 높이: 2.59[M](=8.5[ft])  
 유리창의 크기  
 가로: 6.7[M](=22[ft]), 세로: 1.83[M](=6[ft])  
 투과율: 85%, 빛손실율: 0.9  
 고도: 38°N  
 모의실험 날짜: 12월 12일

그림 1) 모델 사무실

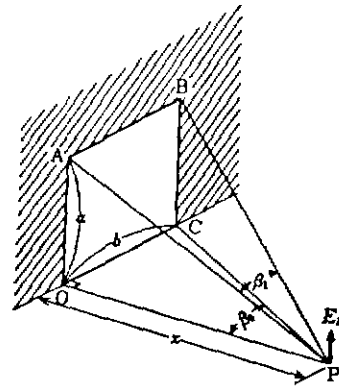


그림 2) 면광원에 의한 조도

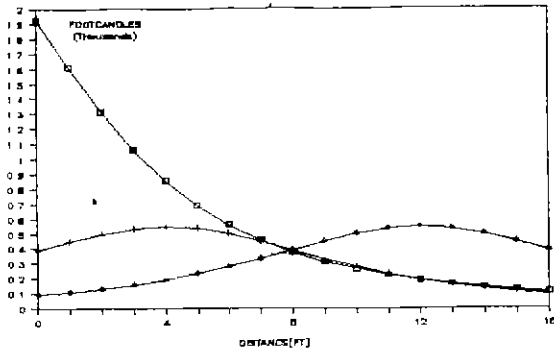


그림 3) 작업면의 주광분포 및 인공조도의 분포

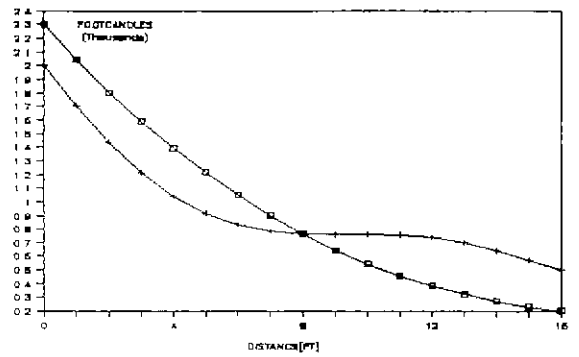


그림 6) A등의 제어시 조도분포 (8A.M, 4P.M)

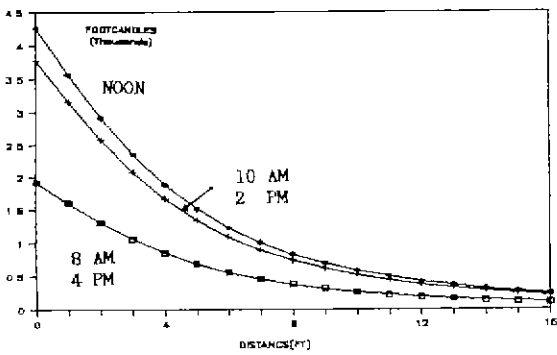


그림 4) 시간대별 작업면의 주광 분포

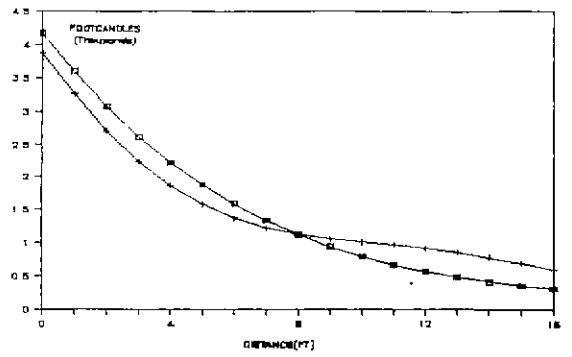


그림 6-1) A등의 제어시 조도분포 (10A.M, 2P.M)

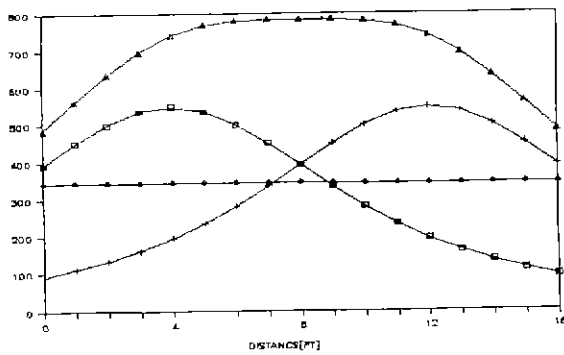


그림 5) 인공조명에 의한 작업면 조도분포

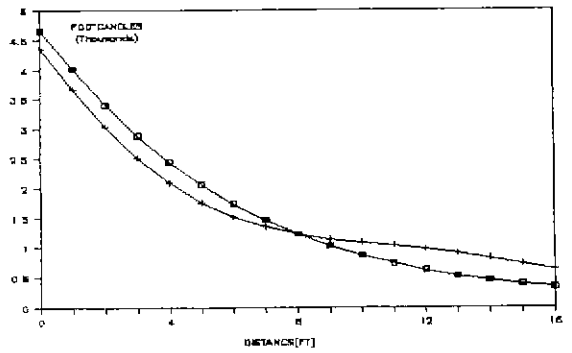


그림 6-2) A등의 제어시 조도분포 (NOON)