

사무소를 위한 조명설계 자료의 개발과 검증 (조명에너지와 냉방부하를 중심으로)

김 은 희, 서 승 직*

인하대학교 건축학부 대학원, *인하대학교 건축학부 교수

Verification and Development of Lighting Design Data for Office in Korea (Focused on the Evaluation of Lighting Energy and Cooling Load)

Eun-Hee Kim, Seung-Jik Suh*

Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Inha University, Incheon 402-751, Korea

**Professor, School of Architecture, Inha University, Incheon 402-751, Korea*

ABSTRACT: This paper aimed to verify and develop lighting design data for offices in Korea. It focused on a Korean standard office value relative to lighting density and the evaluation of lighting energy and cooling load. When planning indoor lighting design, we generally utilize the lighting density value which is set 14W/m² by the ASHRAE/IES standard office value. However, the value is not appropriate to apply in Korea where higher efficiency lamps are more popular than others. For calculation of a proper lighting density of Korea, we analysed distribution curves of luminous intensity(2-lamp fluorescent lighting fixture with Parabolic) and derived the new lighting density 12.64W/m² as Korea standard office value. In the simulation using this value, it was shown that lighting energy and cooling load could be reduced.

Key words: Lighting Energy Use(조명에너지 사용), Cooling Load(냉방부하), Lighting Density(조명밀도)

기 호 설 명

Casual Gain : Computers Gain, Lighting Gain,
People Gain

Total Gain : Casual Gain, Solar Gain

1. 서 론

1870년대 백열등과 같은 인공조명이 개발되기 이전 자연채광은 건물의 전통적이고 유일한 광원이었으며 1930년대 형광등의 개발과 값싼 전기의 공급에 따라 인공조명이 건물의 조명원으로 일반적으로 사용되어져 왔다. 현대 건축물에서는 작업에 필요한 적정 조도를 확보하기 위하여 대부분 낮과 밤 모두 인공조명에 많이 의존하고 있으며 또한 삶의 질에 관한 관심증대로 밤의 화려한 야간 경관을 위하여 조명이 많이 사용되고 있다. 현재 조명은 건물에서 단일품목으로는 가장 많은

†Corresponding author

Tel.: +82-32-873-5277; fax: +82-32-873-5277

E-mail address: namkill2000@naver.com

전력소비를 차지하고 있으며 전체 전력소비량의 30%달한다. 앞으로 건물의 실내외에서의 조명의 역할과 전력부분에 있어서의 비중은 더욱 커질 전망이다. 우리나라의 경제성장과 에너지 소비량은 증가는 밀접한 관계가 있으므로 에너지 절약의 일환으로 건물에서의 에너지 사용규제는 필연적이다. 정부는 이러한 세계의 흐름에 맞추어 많은 에너지 절약 대책을 내놓고 있다. 조명 부분에서의 에너지 절약 대책의 대표적인 예는 고효율 등기구의 보급이다. 실질적으로 고효율 등기구의 개발 및 보급의 일환으로 국가적인 차원에서 에너지 절약전문기업(ESCO)을 지원함으로써 고효율조명기구의 교체 사업을 지원하고 있다. 고효율 등기구의 사용은 우리나라에 많은 전력 사용량을 감소시킬 수 있는 자명한 방법이며 많은 사무실에서 32W 고효율 형광등기구의 보급과 교체가 이루어 졌다. 그러나 아직까지 많은 설계나 연구들에서 ASHRAE/IES의 사무소의 조명밀도 값인 $14\text{W}/\text{m}^2$ 를 사용하고 있다. 이는 우리나라의 실정에 맞지 않을 뿐더러 오히려 전력의 낭비를 조장하고 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 실정에 맞는 사무소 조명밀도 값을 산출하고 수정된 사무소 조명밀도 값의 적용시 조명 에너지 사용량 절약과 냉방부하 절감효과를 정량적으로 분석하여 조명설계를 위한 기본 자료를 구축하고자 한다.

2. 시뮬레이션 개요

먼저 시뮬레이션에 필요한 건물모델 조건과 실내의 조명기준 및 기상조건 등에 대하여 설명하였다. 기타 물성치는 EU와 교토의정서에 의해 추천되어지는 2002 Buiding Regulation을 적용하였고 냉방부하 분석을 위한 열적 획득 요소로는 일사(Solar), 채실자(People), 기타 기기(Computers), 조명 발열(Lighting)이 포함되었다. 시뮬레이션 및 에너지 분석프로그램으로는 IES(5.2.1)를 사용하였다.

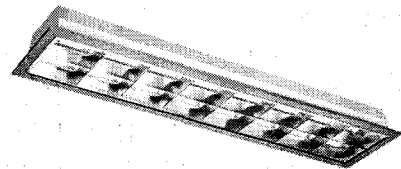
2.1 건물모델

사무소 건물의 전면 폭은 일반적으로 기둥간격의 배수로서 결정된다. 기둥간격은 구조계획상, 건물의 구조나 규모에 의해 결정되지만 철근 콘크리트

리트조에서는 6~9m가 많고, 철골철근 콘크리트 조에서는 9~12m가 많다. 이 논문은 $9\text{m}\times 9\text{m}\times 2.7\text{m}$ 크기의 단위 실을 가정하였고 창문 면적은 바닥면적의 1/10크기로 한다.

2.2 인공조명

현재 오피스건물에서 가장 많이 사용하고 있는 PARABOLIC이 부착된 천장 매입형 2등용 조명기구를 시뮬레이션에 사용하였고(Fig. 1) 램프는 현재 에너지 절약정책 사업의 일환인 32W(2900lm) 램프를 사용하였다. 시뮬레이션에 의한 조명기구의 배광곡선은 Fig. 2와 같다.



IESNA91
[TEST] L6278
[MANUFAC] LITHONIA LIGHTING
[LUMCAT] 2PM3N 4 32 18LD TUBI
[LUMINAIRE] PARAMAX PARABOLIC
TROFFER 3" DEEP LOUVER

Fig. 1 2-lamp fluorescent lighting fixture with Parabolic.

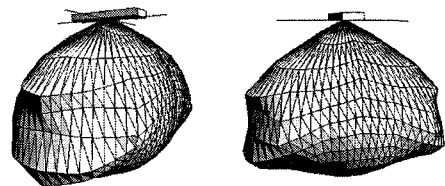


Fig. 2 Distribution curve of luminous intensity(2-lamp fluorescent lighting fixture with Parabolic).

2.3 실내 설정조도

PARABOLIC이 부착된 천장 매입형 2등용 조명기구를 사용하여 작업면 평균 조도 500lx , 한계 글레어 인덱스 19⁽⁴⁾를 적용한 실내 설정조도는 Fig. 3과 같으며 사무소 조명밀도 값은 $12.64\text{W}/\text{m}^2$ 로 계산되었다.

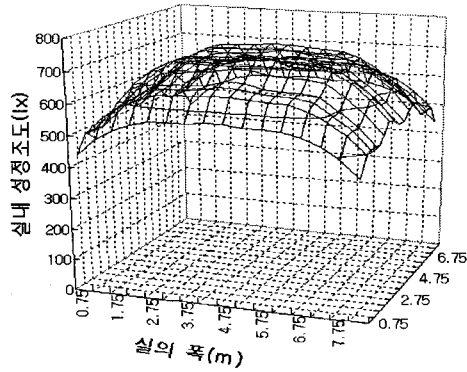


Fig. 3 Indoor-set illumination with Average illumination 500lx, Glare Index 19

2.4 기상자료

현재 사무실 건물이 많이 밀집되어 있는 지역인 서울(서울기상청, 2000년 기상자료)을 대상으로 하였다. 또한 본 연구에서는 조명에너지 절약과 냉방부하의 절감효과를 연간 단위로 계산하였으며 모든 스케줄은 재실자가 근무하고 있는 일정을 가정하여 월~금, 오전 8시부터 오후 7시까지로 설정하였다.

3. 시뮬레이션 변수

냉방부하 분석을 위한 열적 획득 요소로 재실자(People), 기타 기기(Computers)의 설정값은 Table 1과 같으며 ASHRAE/IES의 사무소 조명 밀도 값인 14W/m^2 과 우리나라 실정에 맞게 수정된 사무소 조명밀도 값 12.64W/m^2 를 적용(Table 2)하여 연간 조명에너지 사용량과 냉방부하 절감효과를 계산하였다.

Table 1 Simulation Factors

Factors	Density	
People	Sensible	Latent
	90W/P	60W/P
Computers	12W/m^2	

Table 2 Simulation Lighting Density

Test No.	Lighting Density
1	14W/m^2
2	12.64W/m^2

4. 결과 및 고찰

4.1 냉방부하 분석

4.1.1 Test No. 1(14W/m^2)과 Test No. 2(12.64W/m^2)에서의 Lighting gain 대 Casual gain의 비율

Fig. 4는 Test No. 1(14W/m^2)과 Test No. 2(12.64W/m^2)에서의 Lighting Gain 대 Casual Gain의 비율을 나타낸다. Test No. 1(14W/m^2)에서의 Lighting Gain은 Casual Gain의 45%를 차지하고 Test No. 2(12.64W/m^2)에서의 Lighting Gain은 Casual Gain의 42~43%를 차지한다. Test No. 2(12.64W/m^2)인 경우가 Test No. 1(14W/m^2)인 경우보다 Casual Gain에 대한 Lighting Gain비율 값이 2~3% 더 적음을 알 수 있다.

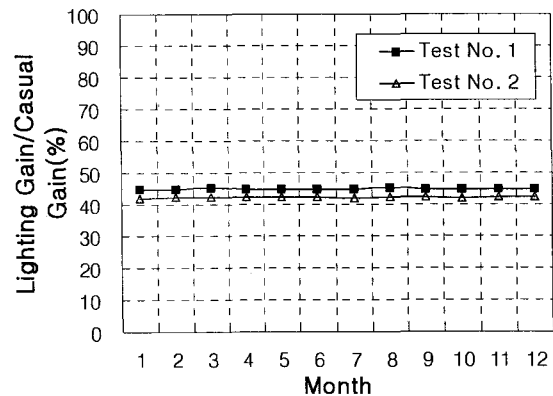


Fig. 4 Lighting Gain/Casual Gain relative to lighting density(Test No. 1(14W/m^2), Test No. 2(12.64W/m^2))

4.1.2 Test No. 1(14W/m^2)과 Test No. 2(12.64W/m^2)에서의 Lighting gain 대 Total gain의 비율

Fig. 5는 Test No. 1(14W/m^2)과 Test No. 2(12.64W/m^2)에서의 Lighting Gain 대 Total Gain의 비율을 나타낸다. Test No. 1(14W/m^2)에서의 Lighting Gain은 Total Gain의 27~34%를 차지하고 Test No. 2(12.64W/m^2)에서의 Lighting Gain은 Total Gain의 25~31%를 차지한다. Test No. 2(12.64W/m^2)인 경우가 Test No. 1(14W/m^2)인 경우보다 Total Gain에 대한 Lighting Gain비율 값이 2~3% 더 적음을 알 수 있다.

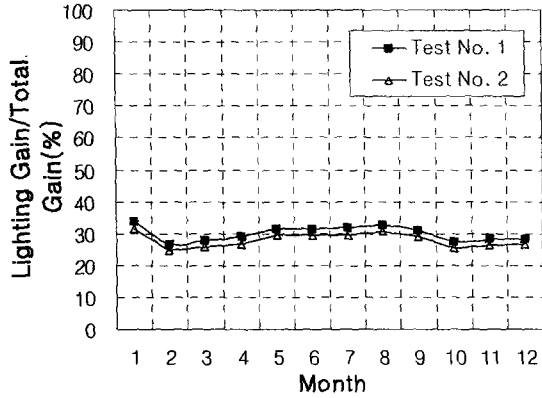


Fig. 5 Lighting Gain/Total Gain relative to lighting density(Test No. 1(14W/m²), Test No. 2(12.64W/m²))

4.1.3 Test No. 1(14W/m²)에서의 Lighting Gain 대 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 Lighting Gain의 비율

Fig. 6는 Test No. 1(14W/m²)에서의 Lighting Gain에 대한 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 Lighting Gain의 비율을 나타낸다. Test No. 2(14W/m²)에서의 Lighting Gain은 Test No. 1(14W/m²)에서의 Lighting Gain의 90~91%이고 비율 값이 9~10% 더 적음을 알 수 있다.

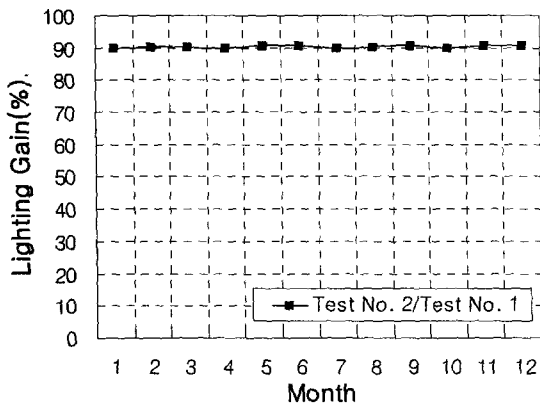


Fig. 6 Test No. 2(12.64W/m²) Lighting Gain/Test No. 1(14W/m²) Lighting Gain(%).

4.1.4 Test No. 1(14W/m²)에서의 Total Gain 대 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 Total Gain의 비율

Fig. 7은 Test No. 1(14W/m²)에서의 Total Gain에 대한 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 Total Gain의 비율을 나타낸다. Test No. 2(14W/m²)에

서의 Total Gain은 Test No. 1(14W/m²)에서의 Total Gain의 97%이고 비율 값이 3% 더 적음을 알 수 있다.

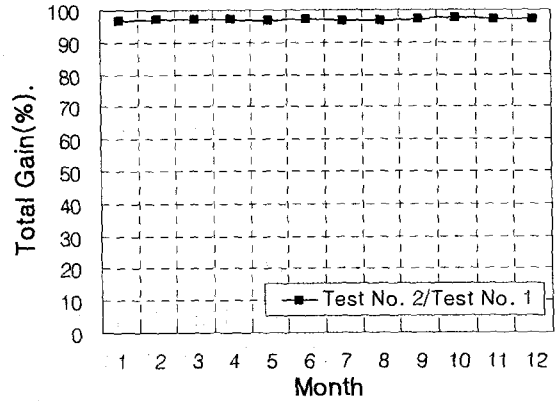


Fig. 7 Test No. 2(12.64W/m²) Total Gain/Test No. 1(14W/m²) Total Gain(%)

4.1.5 Test No. 1(14W/m²)에서의 냉방부하 대 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 냉방부하의 비율

Fig. 8과 Fig. 9는 Test No. 1(14W/m²)과 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 연간 냉방부하를 나타내고 그림 10은 Test No. 1(14W/m²)에서의 냉방 부하에 대한 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 냉방부하의 비율을 나타낸다. Test No. 1(14W/m²)에서는 월별 0.049~0.939MWh, 연간 4.355MWh의 냉방 부하를 나타내고 Test No. 2(12.64W/m²)에서는 월별 0.039~0.914MWh, 연간 4.175MWh 냉방 부하를 나타낸다. Test No. 2(14W/m²)에서의 냉방부하는 Test No. 1(14W/m²)의 냉방부하의 80~97%이고 비율 값이 3~20% 더 적음을 알 수 있다.

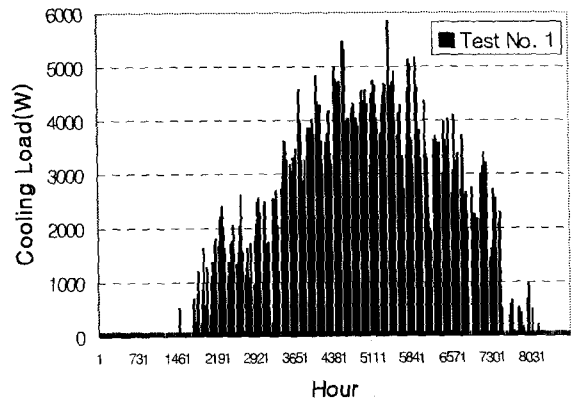


Fig. 8 Test No. 1(14W/m²) Cooling Load.

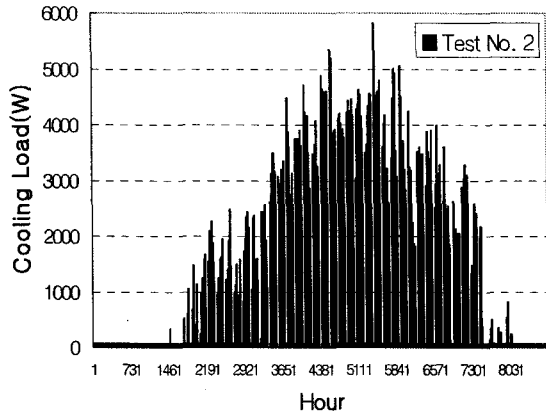


Fig. 9 Test No. 2(12.64W/m²) Cooling Load.

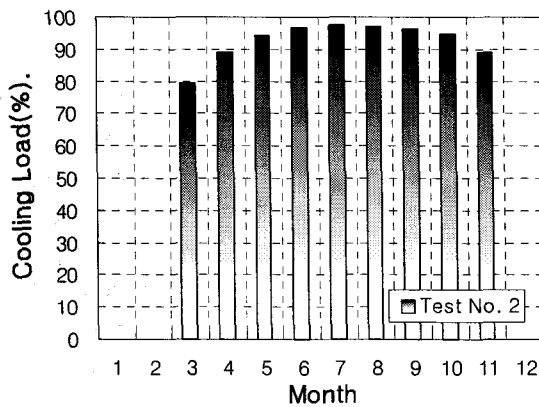


Fig. 10 Test No. 2(12.64W/m²) Cooling Load/Test No. 1(14W/m²) Cooling Load(%).

4.2 조명에너지 분석

4.2.1 Test No. 1(14W/m²)에서의 조명에너지 사용량 대 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 조명에너지 사용량의 비율

Table 3은 Test No. 1(14W/m²)과 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 월별 조명에너지 사용량을 나타내고 그림 11은 Test No. 1(14W/m²)에서의 조명에너지 사용량 대 Test No. 2(12.64W/m²)에서의 조명에너지 사용량의 비율을 나타낸다. Test No. 1(14W/m²)에서는 월별 0.25 ~ 0.29MWh, 연간 3.24MWh의 조명에너지 사용량을 나타내고 Test No. 2(12.64W/m²)에서는 월별 0.23 ~ 0.26MWh, 연간 2.93MWh 조명에너지 사용량을 나타낸다. Test No. 2(12.64W/m²)에서의 조명에

너지 사용량은 Test No. 1(14W/m²)에서의 조명에너지 사용량의 90%이고 비율 값이 10% 더 적음을 알 수 있다.

Table 3 Lighting Energy Use.

Month	Test No. 1 (MWh)	Test No. 2 (MWh)
1	0.26	0.24
2	0.26	0.24
3	0.29	0.26
4	0.25	0.23
5	0.29	0.26
6	0.27	0.25
7	0.26	0.24
8	0.29	0.26
9	0.26	0.24
10	0.27	0.25
11	0.27	0.25
12	0.26	0.24
Total	3.24	2.93

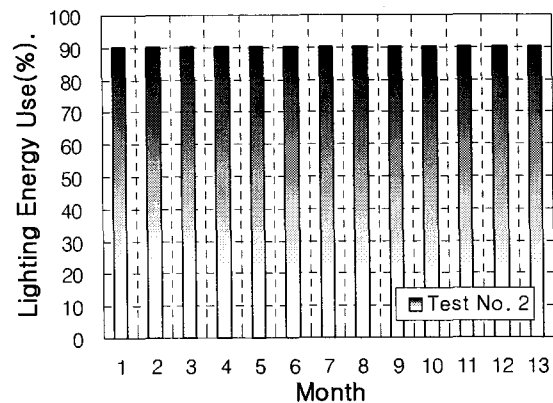


Fig. 11 Test No. 2(12.64W/m²) Lighting Energy Use/Test No. 1(14W/m²) Lighting Energy Use(%).

5. 결론

본 연구는 우리나라의 실정에 맞는 사무소 조명밀도 값을 산출하고 수정된 사무소 조명밀도 값의 적용시 조명에너지 사용량 절감과 냉방부하 절감효과를 정량적으로 계산하고자 하였다. 수정된 사무소 조명밀도 값 적용시 조명에너지 사용량과 냉방부하의 절감 효과를 볼 수 있으며 정확한 사무실의 조명설계 또한 할 수 있다. 본

연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 우리나라의 실정에 맞는 사무소 조명밀도 값을 산출한 결과 $12.64\text{W}/\text{m}^2$ 로 ASHRAE/IES의 사무소의 조명밀도 값인 $14\text{W}/\text{m}^2$ 값과 차이를 확인하였다.

(2) Lighting Gain/Casual Gain과 Lighting Gain/Total Gain의 비교에서 수정된 사무소의 조명밀도 값을 적용 할 때가 ASHRAE/IES의 사무소 조명 밀도 값을 적용할 때 보다 2~3% 더 낮은 비율 값을 나타낸다.

(3) 수정된 사무소의 조명밀도 값($12.64\text{W}/\text{m}^2$)을 적용할 때가 ASHRAE/IES의 사무소 조명밀도 값($14\text{W}/\text{m}^2$)을 적용할 때보다 Lighting Gain 값이 9~10%, Total Gain 값이 3% 더 적음을 알 수 있다.

(4) 수정된 사무소의 조명밀도 값($12.64\text{W}/\text{m}^2$)을 적용할 때가 ASHRAE/IES의 사무소 조명밀도 값($14\text{W}/\text{m}^2$)을 적용할 때보다 냉방부하 값이 3~20% 더 적음을 알 수 있다.

(5) 수정된 사무소의 조명밀도 값($12.64\text{W}/\text{m}^2$)을 적용할 때가 ASHRAE/IES의 사무소 조명밀도 값($14\text{W}/\text{m}^2$)을 적용할 때보다 조명에너지 사용량 값이 10%정도 더 적음을 알 수 있다.

추 후, 사무소 건물 이외의 여러 건물에서의 우리나라 실정에 맞는 조명밀도 값을 산출할 것이다.

5. John E. Kaufman, Howard Haynes, 1981, IES Lighting Handbook 1981 Application Volume, New York Illuminating Engineering Society of North America.
6. Moncef Krarti, Paul M. Erickson, Timothy C. Hillman, 2005, A simplified method to estimate energy savings of artificial lighting use from daylighting, Building and Environment:40:747:754.
7. Christelle Franzetti, Gilles Fraisse, Gilbert Achard, 2004, Influence of the couple between daylight and artificial lighting on thermal loads in office building, Energy and Building:36:117-126.

참고문헌

1. Gerhard Hausladen, Michael de saldanha, Petra Liedl, Christina Sager, 2005, Climate Design, Birkhauser.
2. ASHRAE, 1999, ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999, American Society of Heating, Re-frigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
3. Marc Schiler, 1992, Simplified Design of Building Lighting, A Wiley-Interscience Publication.
4. John E. Kaufman, Howard Haynes, 1981, IES Lighting Handbook 1981 Reference Volume, New York Illuminating Engineering Society of North America.