실내조명환경의 시각적 쾌적성 확보 및 조명부하 저감을 위한 채광제어방법에 관한 연구

한상필

상지영서대학교 소방안전과(hsfeel@sy.ac.kr)

A Study on Daylight Control Method for Securing Visual Comfort and Reducing Lighting Loads on Interior Lighting Environment

Han, Sang-Pil

Dept. of Fire Protection and Safety, Sangji Youngseo College(hsfeel@sy.ac.kr)

Abstract

In previous study, to investigate the impression of the compound lighting based on the AC-Model at the full-size room, the impressions of various compound lighting were completed as compared with that of the uniform lightings through the comparison method (a paired comparison) by Semantic Differential scaling. Also, we examined the effect of the supplementary lighting type increasing the lights at the side of the window and the blind-control lighting type, and they were compared with the existing compound lighting type. In results, paired comparison of the compound lighting and the uniform lighting, indicates that the impression of the compound lighting is generally similar to that of the uniform lighting when there are same ratios of the light from the window. Based on these results, we suggest that the AC-Model might be applied to various conditions. And we also introduce the method for daylighting that it is possible to reduce discomfort glare and to improve visual impressions as the supplementary type and blind-control type on the compound lighting. And it was found that electric power consumption of the compound lighting room was lower than that of the uniform lighting room when as same lighting ratio of the compound lighting and the uniform lighting from the window was provided or there was the lighting distribution simulated to same light ratio from the window. Since the method of the ACModel was described in the experimental condition, additional studies should be performed to determine if this model could be applied to different window configurations, lighting layout and types of a room.

Keywords : Visual comfort(시각적 쾌적성), Visual comparison method(시각적 비교방법), Compound lighting (합성조명), Uniform lighting(균일조명)

기 호 설 명

$E'(x)$	: 실험적 조도분포
$E_w(x)$	: 자연채광 조도분포
$E_{c-fix}(x)$	: 천정조명 고정조도분포
$E_{c-adj}(x)$	: 천정조명 조광조도분포
$E_c(x)$	: 천정조명 전체조도분포
$E(x)$	: 실내 조도분포함수
$E_w(x)$	: 자연채광 조도분포함수
$E_c(x)$	: 천정조명 조도분포함수
a, b	: 상수($0 \leq a, b \leq 1, a+b=1$)
W_u	: 균일조명방식
W_{cp}	: 합성조명방식

1. 서 론

자연채광이 도입된 쾌적한 빛환경의 형성은 사무공간에 있어 조명환경의 개선으로 인한 업무능력의 극대화할 수 있는 방안 중 한 가지이다. 그러나 실제 채광부족으로 인해 주간에도 인공조명을 상시 점등하고 있는 곳이 대다수이며, 재실자는 항상 어두움과 불쾌감을 감안해야 하며 이와 같은 환경에 익숙해지도록 노력해야 한다. 또한 사무공간에서 조명을 상시 점등시 주간전력 사용량의 증가로 인해 전력소비성수기(하절기 또는 동절기)에 수급에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 일례로 2012년 9월 15일에 발생한 정전대란소동은 전력수요의 급증으로 인한 서울, 경기, 인천 일대의 656만가구(피해액 약 301억원)가 순환 단전되는 피해를 일으켰다. 조명관련 소비전력은 대형화, 초고층화되고 있는 현대 건축물을 고려할 때 40%대까지 확대되고 있다.

이러한 이유에서 쾌적한 실내조명환경을 확보하면서 조명소비에너지를 감소시킬 수 있는 주광을 이용한 채광방법이 다시 주목받고 있다.

이전의 연구에서 채광과 인공조명의 시각적 조화를 검토하기 위해 가설적 조도분포와 실험적 조도분포의 차이를 비교한 결과를 토

대로 합성조광조명모델(Adjusted Compound-light Model ; 이하 ACModel 또는 합성조명 모델이라 함)을 제안할 수 있었다¹⁾. 또한 합성조명모델의 실제적 실내조명환경에서의 효과를 전반조명방식과의 비교를 통해 시각적 쾌적성 확보를 확인할 수 있었으며²⁾, 창으로부터 실안측까지의 조도가 균일한 조명방식보다 합성조명방식에 의한 역동적 조도분포가 조성되는 방식에서 시각적 쾌적성이 현저히 높게 나타났다³⁾.

$$E'(x) = E_w(x) + E_{c-fix}(x) + E_{c-adj}(x) \quad (1)$$

$$E(x) = aE_w(x) + bE_c(x) \quad (2)$$

위와 같은 선행연구^{1), 2), 3)}의 결과를 토대로 본 연구에서는 채광되고 있는 편창으로부터의 제어에 따른 실내조명환경의 변화를 시각적 인상에 따른 쾌적성을 검토하고 각 채광조건에 따른 실내인공조명의 전력소비량을 비교하는데 그 목적이 있다.

(a) Standard space (b) Evaluation space

Fig 1 The view of the full size room used for evaluation the impression of the compound lighting and the uniform lighting

2. 실험 개요

실제 오피스와 같은 실내공간에 있어 외부

로부터의 조도가 많고 태양과 입사각이 큰 경우 조도분포의 차이가 커지기 마련이다. 그러므로 열악한 채광시간에는 외부광을 제어함으로써 시각적 불균형을 감소시켜야 한다. 따라서 본 실험에서는 일부 창의 차폐방식을 제어하여 도입된 공간의 실내조명환경을 평가하고자 균일조명방식과의 비교를 통해 시각적 쾌적성을 검토하고자 다음과 같이 실험하였다.

2.1 실험공간

실험공간을 사무공간으로 가정하여, Fig 1과 같은 편창(片窓)과 천정조명(천반조명)을 이용한 조명환경조성이 가능한 2개의 실물대공간을 활용하였다. 두 공간은 조명방식 즉 조도분포를 제외하고는 모든 환경조건이 동일하게 설정하였다. 집기 및 내장 마감은 색감으로 인한 조명평가에 영향을 최소화하기 위하여 회색계열로 하였다.

2.2 실험 방법 및 조건

평가자(피험자)는 기준공간에 입실하여 균일조명방식에 의한 조도분포에 대해 순응한 후, 평가공간으로 이동하여 이전과 비교하여 제시된 다양한 조명환경에 대해 SD법 7단계로 13개 항목을 평가하며, 최종적으로 조명환경에 절대적 밝기감으로 나타나게 된다(Table 1).

Table. 1 The item of adjective for evaluation

① Dim	-----	①' Bright
② Hard	-----	②' Soft
③ Small	-----	③' Large
④ Hazy	-----	④' Clear
⑤ Unfriendly	-----	⑤' Friendly
⑥ Inactive	-----	⑥' Active
⑦ Not relaxed	-----	⑦' Relaxed
⑧ Not polished	-----	⑧' Polished
⑨ Dislike	-----	⑨' Like
⑩ Hard to enter	-----	⑩' Easy to enter
⑪ Closed	-----	⑪' Open
⑫ #Brightness Satisfaction		

실험조건은 실내중심의 창측으로부터 실안측까지 12지점에서 측정한 평균조도가 기준공간과 평가공간에서 동일한 700lx로 제시되며, 기준공간과 평가공간의 조명패턴을 조합한 8개 조건이 Table 2와 같다.

Table. 2 The lighting condition for the mean illuminance level

Lighting Condition		Mean Illuminance Level
Standard Space	Evaluation Space	700lx
Wu0%	Wcp0+20	#1
Wu20%	Wcp20+20	#2
	Wcp60*1/3	#3
	Wcp60*1/3+20	#4
Wu40%	Wcp20+20	#5
	Wcp40+20	#6
	Wcp460*b2/3	#7
	Wcp460*b2/3+20	#8

Fig 2 The illuminance distributions for uniform lighting condition

실험조건 중 Wu20(또는 Wu40)은 채광비율이 전체 실내조도 700lx 중 20%(또는 40%)를 차지하는 균일조명방식을 의미하며, Wcp0+20

Fig 3 The illuminance distributions for the compound lighting conditions and the photography taken using the fish-eye camera

은 무채광(0%)으로 창측 실내조명을 20% 증가시켜 Wcp20과 유사한 분포를 갖는 합성조명방식이다.

Wcp20+20은 채광 20%와 창측 실내조명을 20% 증가시켜 Wcp40과 유사한 분포를 갖고, Wcp60*b1/3은 채광은 실제 60%이나 브라이드제어를 통해 1/3정도만을 유입한 합성조명방식이며, Wcp60*b1/3은 #7에 창측 실내조명을 20% 증가한 실험조건이다.

위와 같은 조도조건으로 실내공간에 제시된 분포는 Fig 2와 같다.

Table. 3 Comparison of electric power consumption for the uniform lighting and the compound lighting

Condition No.	Electric Power Consumption(unit:Watt)	
	Uniform Lighting	Compound Lighting
#1 (Wu0% vs Wcp0+20)	348.9	387
#2 (Wu20% vs Wcp20+20)	334.9	360.5
#3 (Wu20% vs Wcp60*1/3)		319
#4 (Wu20% vs Wcp60*1/3+20)		363
#5 (Wu40% vs Wcp20+20)		354
#6 (Wu40% vs Wcp40+20)	303.5	293.5
#7 (Wu40% vs Wcp40*b2/3)		288.5
#8 (Wu40% vs Wcp40*b2/3+20)		298

2.3 실험결과

채광이 없는 전반조명조건 #1은 시각적 쾌적에 관한 인상적 차이가 균일조명방식(Wu0)보다 채광효과를 가미하여 응용된 합성조명방식(Wcp0+20)에서 긍정적 평가(+)가 나타났다.

채광상태 20%의 #2, #3, #4에서는 합성조명방식이 균일조명 Wu20과 비교하여 시각적 인상평가값이 현저히 상회하고 있었다.

채광상태 40%의 #5, #6, #7, #8의 비교조건에서도 합성조명방식이 대부분 높은 평가를 보였으나, 채광 20%에 인공조명에 의한 창측 20%를 가미한 #5의 경우 'Dim-Bright', 'Hard-Soft', 'Artificial-Natural', 'Closed-Open', 'Hazy-Clear'

의 항목에서 미약한 부정적 평가(-)를 나타냈다.

또한 본 실험에서는 조명에 의한 에너지 소비적 측면에서의 검토를 위하여 두 비교조건(균일조명방식 vs 합성조명방식)별로 HIOKI 3168 CLAMP ON POWER Hi TESTER를 이용하여 소비전력량을 측정하였다. 동일 조도레벨 700lx의 실내환경에서 채광이 20%인 균일조명과 비교할 때 #3인 전력소비가 적었으며, 채광 40%인 균일조명과 비교에서는 #5를 제외하고 모든 조건이 적은 전력소비량을 나타내고 있었다(Table 3).

3. 결 론

본 연구에서는 선행연구를 토대로 하여 채광조건의 변화와 채광제어에 따른 실내조명환경의 변화를 시각적 쾌적성의 확보측면에서 검토하였다. 또한 각 채광조건에 따른 시각적 인상평가의 비교와 더불어 균일조명과 합성조명에 의한 전력소비량을 비교하여 에너지 소비적 측면에서의 검토를 실시한 바, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) ACModel에 근거한 합성조명방식은 창에 의한 채광제어와 실내창측에서의 조명가미방식으로 응용되어 시각적 쾌적성을 확보하는 새로운 조명제어방식으로 활용할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.
- (2) 균일조명과 합성조명에 의한 두 방식에서 소비되는 전력량을 비교하였을 때, 기준 조도 700lx을 확보하기 위해 채광이 20%를 차지하는 조건보다 40%를 차지하여 인공조명의 사용이 적은 조건에서는 높은 전력감소가 있었다.

실제 채광되는 공간에서의 조명제어방식을 각각의 주변 환경과 일사조건, 공간구성 등 여러 상황에 따라 다양하게 적용될 수 있으며, 향후 다양한 조건들을 추가하여 여러 공간에 적용될 수 있도록 검토할 예정이다.

Fig 4 The evaluation Score of impression of the compound lighting against the uniform lighting

References

1. Han.S.P., A Study on Lighting Control Method for Harmonization of Daylighting and Artificial Lighting, Journal of Architectural Institute of Korea., Vol. 26, No. 8, 2010.
2. Han.S.P., The Effect of Compound Ratio for Daylighting and Artificial Lighting in Visual Impression, Journal of Architectural Institute of Korea., Vol. 26, No. 12, 2010.
3. Han.S.P., Jeon.Y.H., Han.S.C., A Study on Visual Comfort for Compound lighting Control Method of Applied Daylighting, Journal of the Korea Solar Energy Society, Vol. 32, No. 3, 2012.
4. Toshie Iwata., Aki Htao., Masanori Shukuya., kenichi Kimura., Visual Comfort in the Daylit luminous environment, Lightings res. Technol. 26(2), 1994.
5. Sato.M., Inui.M., Nakamura.Y., Takeuchi.Y., Visual environment of a control room, Lighting Res. Technol. Vol.21, No.3, 1989.