

불균일한 휘도를 갖는 조명기구에 대한 블래클레어 주관평가 실험 -백색 LED 광원을 이용한 조명기구의 영향

(Subjective Appraisals of Discomfort Glare for Luminaire with non-uniform luminance
-Effect of luminaire used White LED Light source)

이창모* · 정승균 · 석대일 · 조용익 · 김 훈

(Changmo Lee* · Seunggyun Jung* · Daeil Seok* · Yongick Cho** · Hoon Kim*)

*강원대학교 **한국광기술원

요 약

현재, 새로운 조명광원으로서 백색 LED가 기대되고 있으며, 이를 이용하는 조명이 확대되어 실용화 될 것으로 예상된다. LED 광원을 이용하여 조명기구를 제작하고 이것을 실내조명으로 사용할 때, 조명기구에 의한 글레어가 편안함을 주는지 불편함을 주는지에 대한 평가가 요구된다. 실내 조명환경에 대한 블래클레어를 평가하기 위해 UGR(Unified Glare Rating)을 추천하고 있다. 그러나 균일한 글레어 광원의 평균휘도를 이용하여 계산된 종래의 블래클레어 평가법들은 불균일한 휘도를 갖는 LED 조명기구에 대해서는 적용하기 어렵게 될 것으로 판단된다. 그래서 UGR를 이용하였을 경우, 균일한 휘도를 갖는 조명기구와 불균일한 휘도를 갖는 조명기구에 대해서 어떠한 차이가 있는지 다음의 블래클레어의 주관평가 실험을 수행하였다. 평균휘도가 같고 최대 휘도와 최소 휘도가 다른 조명기구(균일한 휘도를 갖는 조명기구 1종과 불균일한 휘도를 갖는 조명기구 2종)를 글레어 광원으로 사용하였다. 입체각(ω)과 위치지수(Position Index)를 고정시키고 배경휘도(L_b)와 광원휘도(L_s)를 임의로 변화시켰다. 주어진 환경에서 피험자로 하여금 얼마나 편안하진 또는 불편한지에 대한 느낌을 값으로 평가하도록 하였다. 우선, UGR과 주관평가 사이에 차이가 나타났으며, 이는 동·서양에 따른 문화적 및 생리적 차이에 기인한다고 생각된다. 다음으로 균일한 휘도를 갖는 조명기구보다 불균일한 휘도를 갖는 LED 조명기구가 더 높은 값을 할당 받아, LED 조명기구가 블래감을 더 유발시키는 것으로 나타났다. 또한 LED 소자 간격에 따른 영향은 글레어 광원의 휘도가 높아질수록 크게 나타났다. 배경휘도에 대해서도 광원의 휘도가 높아질수록 LED 소자 간격의 차이에 의한 영향이 나타났다. 따라서 UGR식은 균일한 휘도를 갖는 조명기구에 적용하기에는 적합하지만, 불균일한 휘도를 갖는 조명기구에 적용하기에는 부적합하다고 판단된다.

1. 서 론

앞으로, 백색 LED(Light Emitting Diode)의 고휘도화와 고효율화가 진행되어 이를 이용하는 조명이 확대될 가능성이 높다. 그러나 백색 LED에 의해 조명된 실내공간에 이용자가 블래감을 느끼거나 스트레스를 받을 것으로 생각된다.

LED 광원을 이용하여 조명기구를 제작하고 이것을 실내조명으로 사용할 때, 이 조명기구로부터의 글레어 영향이 이용자들에게 불편함을 유발시킨다는 것은 여러 연구를 통해 밝혀졌다.

Waters[1]는 불균일 휘도 광원이 균일 휘도 광원보다 블래클레어를 증가시킨다는 것을 알았고, 日北野[2][3]는 일정간격으로 다수의 광원이 배열된 경우에 있어 광원의 휘도가 증가함에 따라 블래감이 증가한다는 것을 확인하였다. 그러나 LED 간격에 따른 시각적 스트레스의 영향을 파악하기 못하였지만 LED 배치 형태의 기하학적 패턴에 있어서는 시각적 스트레스의 영향이 있었다. 이들 연구에 의해서 눈부심과 블래감에 상관관계가 있다는 것과 LED 배열에 따른 블래감의 차가 발생하였다는 것을 밝혀냈다.

Hiroshi[4]는 옥내환경에서 백색 LED module을 이용하여

관측거리와 광원의 위치를 변화시킨 실험을 행하였다. 이 결과 평균휘도가 높으면 높을수록 글레어 평가치 또한 커지고 UGR 계산치의 BCD 휘도보다 더 낮아 블래감을 더 유발시킨다는 것으로 나타났다.

실내 조명환경에서 블래클레어를 평가하기 위해 UGR(Unified Glare Rating)을 추천하고 있다. 이 UGR의 계산 과정에서 조명기구의 휘도는 사용자에게 향하는 광도를 조명기구 개구부의 면적으로 나누어 평균휘도를 계산하여 적용하도록 규정하고 있다[5]. 그러나 LED를 조명광원으로 사용하는 경우, 다수의 LED 소자를 조립하여 광원으로 이용하게 된다. 이러한 경우, LED 소자에서는 휘도가 매우 높고, LED 소자와 소자 사이의 공간에서는 휘도가 매우 낮은 불균일한 휘도를 갖게 된다. 따라서 평균휘도를 이용하여 계산된 종래의 블래클레어 평가법들은 불균일한 휘도를 갖는 LED 조명기구에 대해서는 적용하기 어렵게 될 것으로 판단된다.

그래서 본 연구에서는, UGR를 이용하였을 경우, 균일한 휘도를 갖는 조명기구와 불균일한 휘도를 갖는 조명기구에 대해서 어떠한 차이가 있는지 다음의 블래클레어의 주관평가 실험을 수행하였다. 평균휘도가 같고 최대 휘도와 최소 휘도가 다른 조명기구(균일한 휘도를 갖는 조명기구 1종과 불균일한 휘도를 갖는 조명기구 2종)를 글레어 광원으로 이용하였다. 그리

고 입체각(ω)과 위치지수(Position Index)를 고정시키고 배경 휘도(L_b)와 광원휘도(L_s)를 임의로 변화시켰다. 주어진 환경에서 피험자로 하여금 얼마나 편안한지 또는 불편한지에 대한 느낌을 값으로 평가하도록 하여 백색 LED 조명광원에 의한 주관적인 평가에 의한 블래글레어 인덱스를 UGR식과 비교 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험 위치

그림 1에서, 1등의 글레어 광원이 $h=0.7m$ (피험자의 눈높이에서부터 글레어 광원까지의 높이)로 실내에 설치된 환경을 나타내었다. 고정된 글레어 광원을 제시하여, 글레어 광원의 휘도와 배경휘도를 여러가지로 변화시켜 실험을 수행하였다. 글레어 광원으로서 반지름 0.1m인 균일한 휘도를 갖는 광원 1종과 불균일한 휘도를 갖는 광원 2종(LED 소자사이의 간격이 다른 것)의 module을 제작하였으며, 글레어 광원의 휘도는 투입전류의 증감에 의해 조절하였다. LED module의 크기를 그림 2에 나타내었다. 배경휘도는 램프를 포함할 수 있도록 1.5m 높이의 panel을 제작하였으며, 이 panel에 설치된 램프들을 조작하여 이를 제공할 수 있도록 하였다.

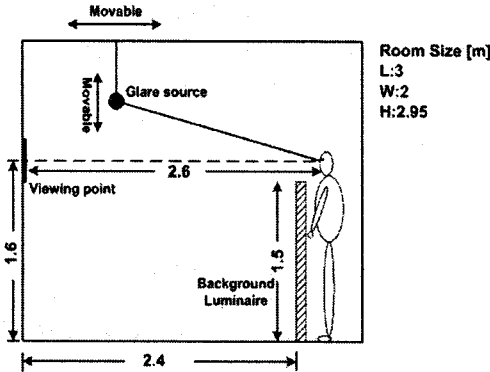


Fig. 1 Experiment room

2.2 실험조건

표 1에 실험조건을 나타내었다. 위치지수와 입체각을 고정시키고 글레어 광원 휘도와 배경휘도만을 여러가지로 변화시켰다. 피험자는 조명에 관련지식이 없는 비전문가인 일반대학생으로 남성 10명(20대), 여성 10명(20대)으로 하였다. 여기에서, 평균휘도는 module size내의 평균적인 휘도를 의미한다. 따라서 글레어 광원의 평균 휘도는 1°시야의 휘도계를 이용하여 실험실과 동일한 시선과 조명기구사이의 각도에서 휘도계의 측정각 1°의 원에 조명기구가 내접하도록 조정하여 측정하였다.

피험자는 표 2의 평가척도에 따라서 블래글레어의 정도를 주관평가 하였다[6].

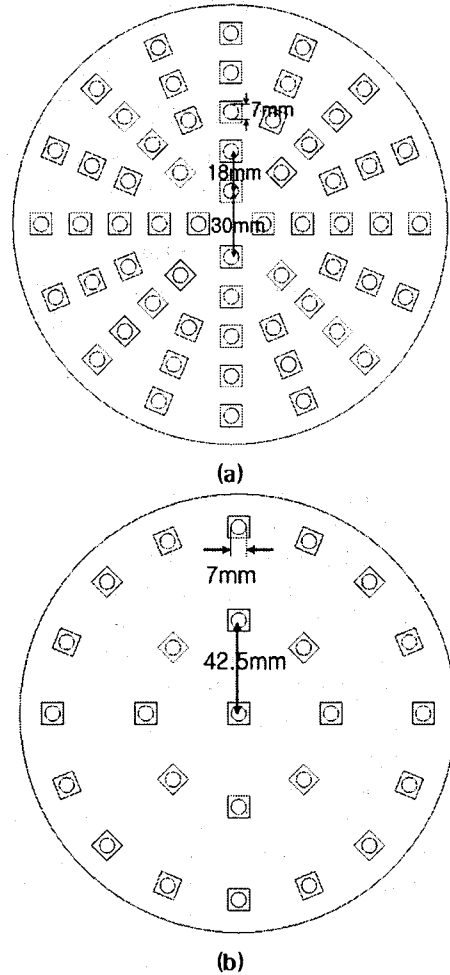


Fig. 2 LED modules

Table 1 Experimental condition

$L_b [cd/m^2]$			P	ω
L_{b1}	L_{b2}	L_{b3}		
23.39	51.21	87.93	1.38	0.0124
$L_s [cd/m^2]$				
형광등 조명기구	LED 조명기구(a)	LED 조명기구(b)		
500~9500	520~9800	520~9400		

L_b : 배경휘도
 L_s : 글레어 광원 휘도
P : 위치 지수(Position Index)
 ω : 입체각

Table 2 Categories of Discomfort Glare and Description of reaction used in the experiment.

Categories of discomfort glare	Suggested UGR
Imperceptible (느끼지 못한다)	7
Just perceptible (간신히 느낄 수 있다)	10
Perceptible (느끼게 되었다)	13
Just acceptable (조금 받아들일 수 있다)	16
Unacceptable (마음에 들지 않는다)	19
Just uncomfortable (조금 불편함을 느낀다)	22
Uncomfortable (불쾌하다)	25
Just intolerable (심하다고 느끼기 시작한다)	28
Intolerable (심하다)	31

2.3 실험순서

피험자로 하여금 상황을 이해시키기 위해 평가척도에 대한 충분한 설명이 이루어졌다. 각 피험자는 2인 1조로 하였으며, 피험자 각각에 대해 무작위로 주어진 실험실내에서 대기하면서 다음 절차에 따라 실험을 수행하였다.

- (1) 피험자의 위치를 고정하고 시선고정판을 주시한 상태에서 1분 이상 순응한 후 글래어 광원을 점등한다.
- (2) 피험자는 글래어 광원에 의한 주관적 평가를 표2를 이용하여 평가치를 적는다.
- (3) 피험자에게 평가를 내릴 수 있는 충분한 시간을 주었다.
- (4) 한 피험자의 실험이 끝나면 다른 피험자가 실험하는 순서로 수행하였다.
- (5) 모든 주어진 실험이 끝날 때 까지 (1)~(4)을 반복하였다.
- (5) 피험자는 각각의 조건에 대하여 평가를 1회 행하였다.

2.4 실험결과

먼저, UGR에 의한 불쾌글래어 인덱스와 주관평가에 의한 불쾌글래어 인덱스와의 차이가 나는 것을 볼 수 있는데, 이는 동·서양에 따른 문화적 및 생리적 차이 때문이라고 생각된다(*). 그림 3에서 나타난 것과 같이 이러한 차이는 균일한 휘도를 갖는 광원이나 불균일한 휘도를 갖는 광원에서도 동일하게 작용하였다.

균일한 휘도를 갖는 형광등 조명기구에 비해 불균일한 휘도를 LED 조명기구가 불쾌감을 더 많이 느낀다는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 글래어 광원의 휘도가 높으면 높을수록 크게 나타났다. 휘도가 낮은 곳에서는 같은 평가척도 내에

존재하지만, 휘도가 높으면 높을수록 크게는 평가척도 1등급 이상의 차이가 있는 것으로 나타났다.

이 두 조명기구에 대한 불쾌감을 느끼는 정도의 차이는 평균휘도는 같지만, 발광부에서의 휘도의 균제도(최대 휘도/최소 휘도, 최소휘도/평균휘도 또는 최대휘도/평균휘도)의 원인에 의한 것으로 판단된다.

두 번째, LED조명기구 1/2를 비교해보면, 그림 3에서 나타난 것처럼 균일한 휘도를 갖는 광원과 차이처럼 크지 않지만, 분명하게 그 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 광원의 휘도가 높으면 높을수록 차이는 컸다. 즉, LED 소자 간격이 좁은 LED module이 넓은 간격의 module보다 불쾌감을 더 유발시켰다. 이러한 결과는 글래어 광원의 최대휘도와 최소휘도 차이가 클수록 불쾌감을 더 유발시킬 것이라는 예상과는 달리 반대의 양상을 보였다. 따라서 불균일한 휘도를 갖는 광원에서의 최대휘도와 최소휘도차이에 따른 불쾌감 유발정도는 더 논의되고 실험할 필요가 있다고 판단된다.

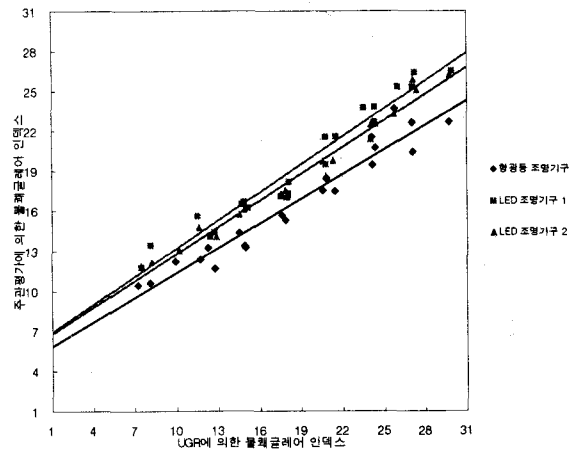


Fig.3 Relationship between the glare indexes obtained from subjective appraisals and those obtained from calculation of the UGR in the experiment employed a glare source.

세 번째, 배경휘도에 따라 주관평가치를 분석하면, 배경휘도가 낮은 환경에서 평균휘도 \downarrow 이면 높을수록 불균일한 휘도를 갖는 광원이 불쾌감을 더 유발시키고, 배경휘도가 높아질수록 불쾌감을 유발시키지만, 그 차이는 점차 감소하는 경향을 보였다.

LED 소자간격에 따라라도 변화를 보였는데, 배경휘도가 낮은 조명환경에서는 소자간격에 무관하게 불쾌감을 유발시켰지만, 배경휘도가 높아짐에 따라 소자간격이 넓은 광원(그림 2b)이 불쾌감을 덜 유발시키는 것으로 나타났다.

따라서, 배경휘도에 따라서 LED 배치 간격이 고려사항이 될 것으로 판단된다.

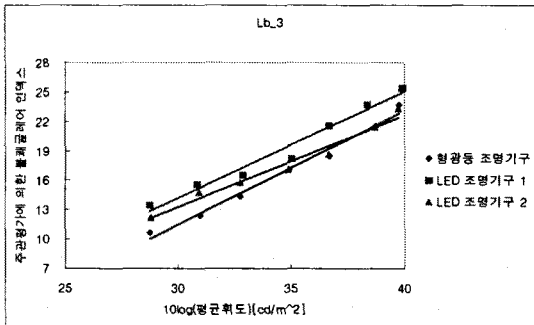
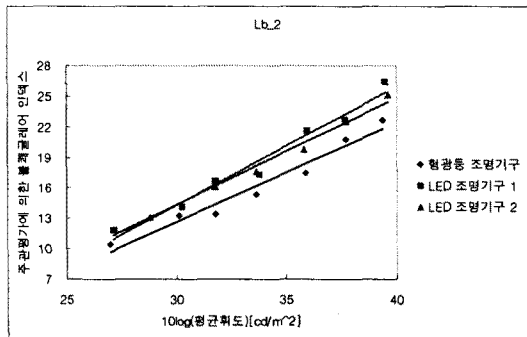
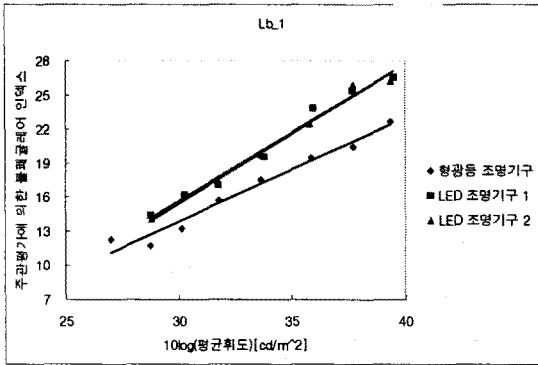


Fig.5 Relationship between average luminance and glare indexes obtained from subjective appraisals

3. 결론

균일한 휘도를 갖는 광원과 백색 LED module을 이용한 불균일한 휘도를 갖는 광원에 대한 불쾌감 지수 주관평가 실험을 수행하였고, 이 실험을 통해 불균일한 휘도를 갖는 광원이 실내에 설치될 경우, UGR식의 적용에 대해 검토하였다. 이 결과를 정리하면 아래와 같다.

(1) 불균일한 휘도를 갖는 광원이 균일한 휘도를 갖는 광원보다 광원의 휘도가 높으면 높을수록 불쾌감을 더 유발시켰다. 따라서 불균일한 휘도의 광원에 UGR식을 적용할 수 없다고 판단된다.

(2) 배경휘도가 낮은 환경에서 평균휘도가 높으면 높을수록 균일한 광원의 경우보다 더 많은 불쾌감 지수를 발생시켰고, 배경휘도가 높을수록 그 차이는 점점 줄어들었다. 즉, 배경휘

도에 따라서도 불쾌감 지수 정도가 다르게 나타났다.

(3) 불균일한 휘도를 갖는 광원에서도, 불쾌감이 광원의 휘도가 높은 경우 LED 배치간격에 영향을 받는 것으로 나타났다. 예상과는 달리 배치간격이 좁은(최대휘도와 최소휘도차가 적은) 광원이 불쾌감이 더 많이 유발시켰다.

(4) 배경휘도에 대해서, LED 소자간격에 따라 변화를 보였는데, 배경휘도가 낮은 조명환경에서는 소자간격에 무관하게 불쾌감을 유발시켰지만, 배경휘도가 높아짐에 따라 소자간격이 넓은 광원이 불쾌감을 덜 유발시키는 것으로 나타났다. 따라서, 배경휘도에 따라서 LED 배치 간격이 고려사항이 될 것으로 판단된다.

결론적으로 말하면, 조명환경에 있어 불쾌감 지수를 평가하는 여러 지표(UGR, VCP 등)들을 LED module과 같은 불균일한 휘도를 갖는 광원이 실내에 설치될 경우 적용하는 것이 불가능하다고 판단된다.

앞으로, LED를 조명기구로 이용할 경우에 대해서, LED 배치 간격에 따라 그리고 배경휘도에 따라서 불쾌감 지수가 어떠한 양상을 갖는지 명확하게 밝힐 필요가 있다고 판단된다.

참고 문헌

- [1] C.E.Waters, R.G.Mistrick and C.A.Bernecker: Discomfort Glare from Sources of Nonuniform Luminance, Journal of the Illuminating Engineering Society, 24-2, pp.73-85 (1995)
- [2] H. Hibino, Y. Shirai, and K. Yamada: Effects of Visual Stress Induced by the Light Sources Composed of LEDs-Psychophysical Measurements of Visual Stress, In Proceeding of Annual Conference of The Illuminating Engineering Institute of Japan, 34, pp.207(2001).
- [3] H. Hibino, A. Ibuki, and K. Yamada: Psychological Effects Induced by LED Spatial Arrangement Patterns : psychophysical Measurements of Visual Stress (II), In Proceeding of Annual Conference of The Illuminating Engineering Institute of Japan, 35, pp. 213 (2002)
- [4] Hiroshi Tackahashi, Takashi Irikura, Masahiro Toda, Takayoshi Moriyama: Discomfort Glare Caused by White LED light source, J. Illum. Engng. Inst. Jpn. Vol.90, No.11, 2006
- [5] CIE, "DISCOMFORT GLARE IN INTERIOR LIGHTING ", TECHNICAL REPORT , Pub. No. 117, 1995
- [6] Yuko Akashi, Rikuo Muramatsu: Relationship between the UGR and Subjective Appraisals of Discomfort Glare, J. Illum. Engng. Inst. Jpn. Vol.78, No.10, 1994