

## 불균일 휘도 광원의 UGR 보정을 위한 실험실 구성

(Production of the laboratory that is respected a revision UGR for non-uniform luminance source)

정승균\* · 조용익 · 오석식 · 김 훈

(Seung-Gyun Jung · yong-ik Cho · Suk-Sik Oh · Hoon Kim)

### 요 약

대표적인 신광원으로 일컬어지는 LED는 기존 광원과는 달리 다수의 LED 소자가 모여 하나의 광원을 구성하여 조명기구를 이루는 형태를 가지고 있으며 이에 따라 높은 휘도와 낮은 휘도가 반복되는 발광 형태를 가지게 된다. 이러한 불균일한 휘도를 가지는 광원의 경우 일반적인 균일 휘도 광원에 사용되던 UGR의 평가치가 그대로 적용되는 것은 적절하지 못한 글레어의 평가가 이루어질 수 있다. 따라서 이에 대한 보정이 실행되어야 한다.

본 논문에서는 이러한 불균일한 휘도를 가지는 광원에 대해 UGR 글레어 평가식을 보정하기 위한 실험을 수행할 수 있는 실험실을 구성하고 이에 대한 과정을 서술하였다

## 1. 서 론

현재 LED는 가장 주목받고 있는 신광원이며, 소자의 개발 또한 하루가 다르게 매우 빠르게 진행되고 있다. 소자의 개발이 빠르게 진척되면서 이미 실내조명용 및 경관 조명용 LED조명기구들이 소비자들에게 공급되고 있다.

실내조명에 있어 시작업을 원활히 수행할 수 있는 쾌적한 조명환경을 구축하기 위해서는 조명기구에 의해 발생하는 글레어에 대한 평가를 수행하여 지나친 글레어를 제한 할 수 있어야 한다.

현재 글레어 평가식은 CIE에서 연구한 UGR(Unified Glare Rating)이 가장 일반적으로 사용되고 있으며, 이는 일반적인 형광등 조명기구 즉 균일한 휘도를 가지는 조명기구에 대해서 적용 할 수 있도록 제한되어 있다.

하지만 LED 조명기구의 다수의 LED 소자가 모여 하나의 광원을 이루고 이를 이용하여 조명기구를 구성하는 형태를 가지고 있으므로 광원의 휘도차가 크게 발생하게 되어 기존의 UGR 등급을 그대로 적용하여 조명기구의 글레어를 평가하는 것은 적합한 방식이 될 수 없다.

따라서 본 논문에서는 LED 조명기구와 같이 높은 휘도와 낮은 휘도가 반복되어 나타나는 불균일한 휘도를 가지는 조명기구에 대한 UGR의 보정을 할 수 있도록 글레어 평가 실험실을 구축하고 이에 대한 과정을 서술하였다.

## 2. 본 론

### 2.1. UGR(Unified Glare Rating)

블래글레어를 효과적으로 평가하기 위한 여러 시스템들은 다양한 국가에서 독립적으로 연구되어져 왔다. 이러한 시스템들을 통합하여 실제적으로 사용할 수 있는 시스템이 CIE에 의해 연구되어져 왔는데, 결과적으로 1987년 CIE 기술위원회 3-31(CIE technical committee 3-31)에 의해 블래글레어에 영향을 미치는 일반적인 매개변수에 기초한 실용적인 글레어 평가시스템으로서 다음의 식(1)과 같은 UGR(Unified Glare Rating)이 제안되어졌다.[1]

$$UGR = 8 \log \left[ \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L_s \omega}{p^2} \right] \quad (1)$$

$L_b$  : 배경의 휘도[cd/m<sup>2</sup>]

$L_s$  : 조명기구 휘도[cd/m<sup>2</sup>]

$\omega$  : 조명기구의 입체각[sr]

$p$  : 광원의 Guth 위치지수

입체각은 조명기구의 발광면적과 관찰자 위치에서 조명기구까지의 거리로부터 구해지며 식(2)과 같다.

$$\omega = \frac{A_p}{r^2} \quad (2)$$

$A_p$  : 조명기구 발광부분의 면적

$r$  : 관찰자의 눈에서 조명기구 발광면적 중심까지의 거리

UGR은 Einhorn과 Hopkinson 공식의 특성을 결합한 것이며 Guth 위치지수(position index)를 포함한다. 이는 UGR이 글레어를 예측할 수 있는 실용성 있는 주요공식의 장점인 부분만을 조합한 것으로 생각할 수 있다. 그러나 UGR 시스템을 개발하기 위해 사용된 데이터의 범위는 한정되어 있어서 최대 0.1sr(대략 3m 정도에서 봤을 때, 1m<sup>2</sup>의 조명기구)에서부터 최소 0.0003sr(대략 10m 정도에서 봤을 때 촛불 하나의 크기)사이의 광원에만 적용된다.[2]

UGR 공식에서 조도에 관한 항목은 포함되지 않았는데 이는 실제적으로 UGR이 실내 작업환경에서 권장되는 일반적인 범위내의 조도를 가지는 실내에 적용될 때 조도에 의한 영향은 거의 없었으며, 공식에서 조도에 관한 항목을 포함시키는 방법을 찾는 것은 불가능했기 때문이다.

블래글레어 평가척도에 상응하는 제안된 UGR값은 표 1과 같다.

표 1. UGR 평가척도

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 불편감을 느낀다)	22
Uncomfortable (불쾌하다)	25
Just intolerable (심하다고 느끼기 시작한다)	28
Intolerable (심하다)	31

## 2.2. 실험실의 구성 사항

실험실의 구성을 위해서 본 논문에서는 UGR에 포함되는 4가지의 요소들을 모두 고려하고 이들을 조절하여 모든 등급의 UGR 값을 산출해 낼 수 있도록 하였다.

실험실의 규모는 폭 4m, 길이 2m, 높이 2.2m로 기존 건물 내에 목재 건축물을 제작하고 확산성 백색 페인트를 도포하여 배경휘도의 균제도에 영향을 미치지 않도록 제작하였다.

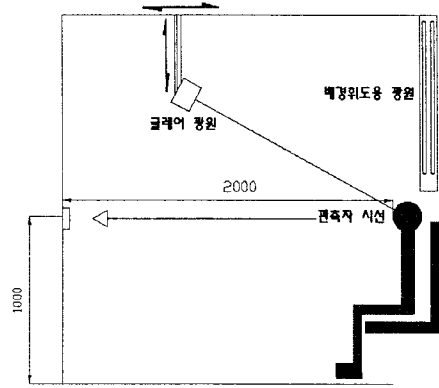


그림 1. 실험실 구성도

### 2.2.1 광원 휘도

조명기구로 사용되는 LED 광원은 입체각을 계산할 수 있도록 하기위해 개구부를 원형으로 만들고 LED의 배치는 등간격 2.5cm로서 구성하였다.

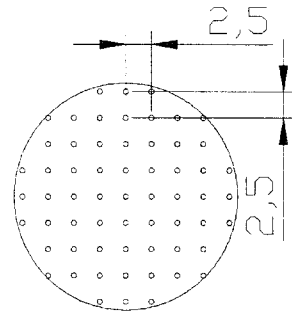


그림 2. LED 조명기구 LED 배치 단면

조명기구 제작에 사용될 LED 소자는 2W급으로 1개의 소자가 피실험자와 조명기구간의 거리 1m에서 최대휘도가 약 70000cd/m<sup>2</sup>정도를 발생시킨다.

LED 소자는 전압제어로서 조광이 가능하기 때문에 광원 휘도를 400cd/m<sup>2</sup> ~ 12000cd/m<sup>2</sup>로 생성하여 9단계의 광원휘도를 만들어내고 조명기구 전면부에 확산재를 적용하여 조명기구의 균제도(최대휘도와 최소휘도의 비)를 조절할 수 있는 LED 조명기구를 제작한다.

### 2.2.1 배경휘도

불균일 광원의 UGR 보정 실험에 사용될 배경휘도는 모두 3가지로서 20, 50, 100cd/m<sup>2</sup>의 휘도값을 실험실 내부에 설치한 형광램프와 확산재를 사용하여 획득하였으며, 배경휘도 조명기구의 설치 시 배경휘도용 광원이 피실험자의 시야 내에 들어오지 않게 하였다. 또한 배경휘도 조명기구에 의해 피실험자의 그림자가 발생하여 실험실 전면부에 얼룩이 생기지 않도록 하였다.



그림 3. 배경휘도의 측정 모습

### 2.2.3 입체각

UGR에서 사용되는 조명기구의 입체각 범위는 0.1s r~0.0003sr로 제한이 되어 있으며, 본 논문에서 입체각은 UGR의 다른 변수 즉, 위치지수 또는 조명기구와 피실험자간의 거리가 변화하지 않으면서 입체각만이 변할 수 있도록 설정하였다. 실험실 구성에 사용되는 입체각은 직경 10.8cm의 조명기구에 대해서 0.006, 0.008, 0.015의 3가지 값으로 설정하였다.

### 2.2.4 위치지수

위치지수는 피실험자의 정면 시야에 대해 높이와 거리에 대해서 변화하는 값이며 식(3)으로서 구할 수 있다.

$$\ln P = \left( \frac{317}{9} - \frac{287}{900} \tau - \frac{11}{9} e^{-2\tau/9} \right) 10^{-3} \sigma + \left( 21 + \frac{4}{15} \tau - \frac{2}{675} \tau^2 \right) 10^{-5} \sigma^2 \quad (3)$$

$$\tau = \tan^{-1} \frac{Y}{H}$$

$$\sigma = \tan^{-1} \frac{\sqrt{H^2 + Y^2}}{X}$$

H= 관측자 시선방향에 대한 측면거리  
X= 관측자 시선방향에 대한 정면거리  
Y= 관측자 시선방향에 대한 높이

실험실 제작 시 공간적인 제약이 존재하기 때문에 모든 범위의 위치지수를 사용하는 것은 불가능하다. 따라서 이번에 제작한 실험실은 높이가 2.2m에 불과하기 때문에 부득이 피실험자의 눈높이를 1m로 최소화 하여 y 값 즉, 피실험자 시선으로부터 1.2m의 높이를 확보하고 전면 실험실 벽으로부터 2m 떨어진 곳에 피실험자를 위치시켜 2m의 x값, 피실험자의 시선으로부터의 거리를 확보하였다.

실험에 사용될 위치지수는 모두 4가지로서 1.1, 1.69, 2.9, 4의 값으로 총 4가지의 값을 선택하여 낮은 위치지수에서 높은 위치 지수 값까지 되도록 다양한 값들을 사용할 수 있도록 하였다.

## 3. 결 론

LED 광원은 기존 광원과의 특색이 매우 다른 광원으로 기존 조명기구와는 외관과 조명방식이 다른 것들이 많아 기존의 조명환경에 변화를 일으키고 있다.

앞으로 더욱 더 사용범위를 넓히게 될 LED 조명은 활용도가 넓어지게 될수록 적절한 조명환경의 평가를 통하여 쾌적한 조명환경을 구축 할 수 있도록 하는 기준들이 필요하며 이러한 요구에 따라서 본 논문에서는 UGR에 포함되는 4가지 요소를 다양하게 변화시켜 불균일한 휘도를 가지는 광원에서 기존 UGR의 등급이 어떻게 변화할지를 평가 할 수 있는 실험을 수행할 수 있도록 실험실의 구성사항들과 제작 과정 등을 기술하였다.

지금까지는 실험실 내부에 목재 건축물 제작과 확산성 재질의 도포, 배경 휘도 생성 단계가 마무리 되어졌으며, 현재에는 LED 조명기구의 제작과 광원휘도의 측정 과정을 수행 중에 있다.

LED 조명기구와 조광 시 광원 휘도에 해당하는 전압 값을 완벽히 찾게 되면 바로 다음 연구 단계인 UGR의 보정식을 산출해내기 위한 실험을 수행할 계획이다.

본 연구는 산업자원부의 산업기술기반조성사업 표준기술력향상 과정의 일환인 "LED 표준화 사업"의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] CE "Discomfort Glare in Interior Lighting", TECHNICAL REPORT, Pub. No 117, 1995
- [2] 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