

반사각의 각도에 따른 조도분포 변화

(Illuminance Distribution Variation with the Angle of Reflectors)

마대영*

(Tae-Young Ma)

Abstract

In this paper, we fabricated angle-changable two-stage reflectors and measured the illuminance as a function of the angle of reflection plates. The illuminance of center areas could be controlled by changing the angle of upper reflection plates and the illuminated area expanded with reducing the angle of lower reflection plates. The bright spots could be moved using asymmetric structures of reflection plates. It was found that the distribution of illuminance matches well with the Gaussian distribution function. From the results of curve fitting, it was found that without reflectors, a half of the lights emitted from fluorescent lamp do not reach the working place. A simple model was suggested to explain the illuminance variation with the structure of reflector.

Key Words : Illuminance, Reflector, Fluorescent Lamp

1. 서 론

전등에서 나오는 빛은 작업면에 직접 들어오거나 조명기구의 반사판이나 실내의 벽체에 반사되어서 들어온다. 천장에 설치한 형광등의 경우 형광램프의 하부에서 나오는 빛은 작업면에 바로 들어오지만, 상부에서 나오는 빛은 조명기구의 반사면에서 반사되어 작업면에 들어온다. 그러므로 작업면의 조도를 높이기 위하여 반사각을 사용하고 있다[1-2]. 일반적으로 반사각은 조도의 증가를 통한 에너지 절감뿐만 아니라

전등에서 발생하는 자외선 감소를 통한 시력 보호 등의 목적으로 사용되고 있다[1-2].

빛은 특성상 반경방향으로 퍼져 나가는데, 빛의 밝기는 빛이 지나가는 거리의 제곱에 반비례해서 어두워진다[3-4]. 하지만 전등에 반사각을 씌워 빛을 모으면 전등의 효율을 20~40[%] 정도 상승시킬 수 있다. 기존의 천정부착용 형광등 반사각의 반사율은 약 78[%] 정도 되는데, 이 반사각의 반사율을 10[%] 증가시킨다면 전기료를 1/3 정도 절약할 수 있다[5]. 고효율 반사각은 에너지를 절감하고 조명기구의 밝기를 향상시킴과 동시에 전등에서 나오는 열발생도 억제한다. 따라서 여름철의 냉방비 절약에 따른 에너지 절약이 가능하고, 이것은 결과적으로 CO₂ 배출을 감소시키는 효과도 가져온다[6].

일반적으로 반사각은 고정되어 있으며, 반사각의 각

* 주저자 : 경상대학교 전기공학과 및 공학연구원

Tel : 055-751-5343, Fax : 055-759-2723

E-mail : tyma@gnu.ac.kr

접수일자 : 2010년 2월 11일

1차심사 : 2010년 2월 23일, 2차심사 : 2010년 6월 16일

심사완료 : 2010년 6월 22일

도에 따라서 조도의 분포가 달라진다. 반사각의 각도가 지면에 수직이 될수록 전등 아래 영역의 조도가 증가하며, 반사각의 각도가 수평에 가까워질수록 밝은 영역의 면적이 확대된다. 본 논문에서는 각도 변화가 가능한 이단 형광등 반사갓을 제조하고 각 반사면의 각도 변화에 따른 조도분포의 변화를 측정하였다. 그리고 측정결과를 설명할 수 있는 간단한 모델을 제안하였다. 본 연구의 결과는 반사갓 설계에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

2. 실험 및 측정

합석에 알루미늄을 도금한 반사판을 25×5[cm] 및 25×10[cm] 크기로 잘라서 이단 반사갓을 만들었다. 실험의 편리를 위해서 두 반사판은 연성이 좋은 합석으로 연결하였다. 그림 1은 제작하여 실험 중인 반사갓의 사진이다. 제작한 반사갓을 지면으로부터 50[cm] 높이에 있는 8[W] 형광등에 부착하였다. 형광등 아래 지점을 출발점으로 하여 5[cm] 간격으로 조도를 측정하였다. 각 반사판이 조도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 반사판의 각도를 변화시키면서 조도의 변화를 측정하였다. 주변 빛에 의한 영향을 배제하기 위하여 야간에 암막을 친 공간에서 조도를 측정하였다.

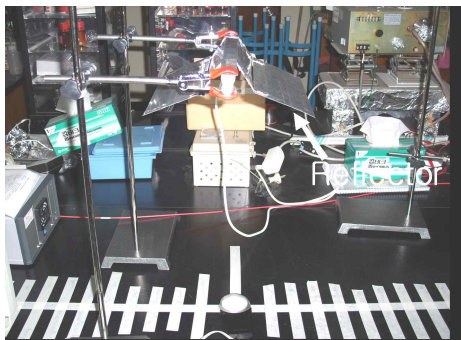


그림 1. 실험실에서 제작한 반사갓 사진
Fig. 1. Picture of laboratory-made reflector

3. 결과 및 고찰

반사갓의 각도를 변화시키면서 거리에 따른 조도의 변화를 측정하였다. 그림 2에 반사갓의 각도(θ) 및 거

리(L)를 나타내었다. 반사판1은 주로 중앙(L=0[cm])의 조도를 높이는 역할을 하며, 반사판2는 중앙에서 멀리 벗어난 영역의 조도를 높여주는 역할을 한다. 각 반사판의 역할을 조사하기 위하여 반사판의 각도(θ_1 및 θ_2)를 바꿔가면서 거리에 따른 조도의 변화를 측정하였다. 그림 3은 반사갓이 없는 경우, $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$, $\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$ 및 $\theta_1 = \theta_2 = 65^\circ$ 일 때 각각의 거리에 따른 조도의 변화를 측정된 것이다. $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ 인 경우에는 거리에 관계없이 반사갓에 의해 $5 \pm 2[\text{lx}]$ 의 조도증가가 관측된다. $\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$ 가 되면 중앙의 조도가 급격히 증가하며, L의 증가에 따른 조도의 감소 역시 급격히 나타난다. 반사갓을 더욱 가파르게 기울이면($\theta_1 = \theta_2 = 65^\circ$), 무반사갓일 때와 비교하여 중앙의 조도가 2.4배까지 증가하며, 빛의 조사영역은 L=45[cm]로 줄어든다. 반사갓의 각도를 키우면 한정된 특정영역의 조도를 크게 높일 수 있다. 그림 3의 그래프를 가우시안분포함수로 커브피팅하여 피팅커브와 x축사이의 면적을 구하였다. 이렇게 구한 면적이 지면에 닿는 광량에 비례한다고 가정하고 반사갓의 영향을 분석하였다. 무반사갓일 때 면적은 약 2,350이었으며, 반사갓을 씌울 경우에는 $4,600 \pm 200$ 으로 계산되었다. 이 값들을 통해 볼 때, 반사갓을 사용하지 않을 경우에는 형광등에서 방출되는 빛의 반이 작업면에 도달하지 않는 것으로 판단된다.

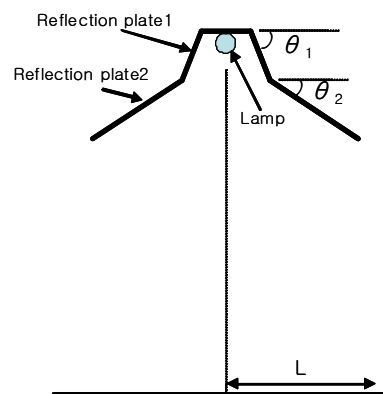


그림 2. θ 및 L 정의를 위한 그림
Fig. 2. Drawing for definition of θ and L

반사판1을 천정 쪽으로 꺾은 다음 조도의 변화를

측정하였다. 이때의 반사판 각도는 음으로 표시하였다. 그림 4에 측정결과를 나타내었다. 반사판1의 각도가 음인 반사각의 모양을 그래프안에 삽입하였다. 반사판1의 각도가 음이 됨에 따라 가장 밝은 부분이 중앙에서 벗어난 양쪽에 대칭으로 생기며, 밝은 부분의 범위가 넓어짐을 볼 수 있다. 여기서 밝은 부분이란 본 실험에서 사용한 조도계의 최소눈금인 5[lux] 이상의 밝기를 갖는 영역으로 정의하였다. 두 개의 스팟이 생기는 것은, 삽입된 그림에서 볼 수 있듯이, 좌우대칭인 두 개의 샷갓모양의 반사각이 만들어졌기 때문이다. 밝은 부분이 넓어지는 것은 반사판2의 높이가 높아져 반사판을 빠져나가는 빛의 양이 증가하기 때문이다. 반사판1의 각도를 음으로 너무 높일 경우에는 중앙의 조도도 감소하면서 밝은 영역의 범위도 감소하였다.

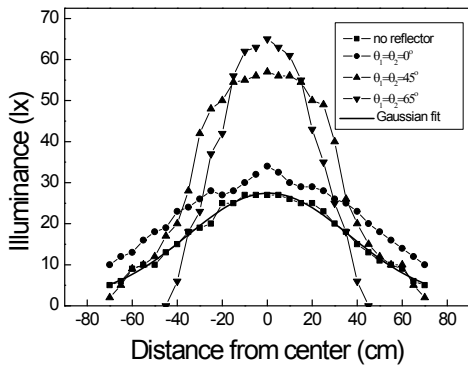


그림 3. 반사각의 각도별 거리에 따른 조도 변화
Fig. 3. Illuminance variation with distance (L) as a parameter of the reflector's angle

반사판1의 각도는 65[°]로 고정하고 반사판2의 각도를 0[°] 및 25[°]로 변화시키면서 조도변화를 측정하였다. 그림 5에 측정결과를 나타내었다. 반사판2의 각도가 감소함에 따라 중앙의 조도는 감소하고 주변의 조도는 증가한다. 이것은 중앙에 모이는 2차 반사 빛의 양이 줄어들기 때문이다. $\theta_2 = 0[°]$ 인 경우 예상과 달리 $\theta_2 = 25[°]$ 에 비해 주변의 조도가 높아졌다. 이것은 형광등에서 나온 빛이 반사각을 거치지 않고 작업면에 직접 조사되기 때문이라고 생각한다. 오른쪽 반사판의 각도는 65[°] 및 0[°]로 고정하고 왼쪽 반사판의

각도를 변화시켜 비대칭 반사각을 만들었다. 그림 6에 비대칭 반사각의 조도분포를 나타내었다. 왼쪽 반사판을 지면 쪽으로 기울임에 따라 오른쪽의 조도가 증가함을 알 수 있었다.

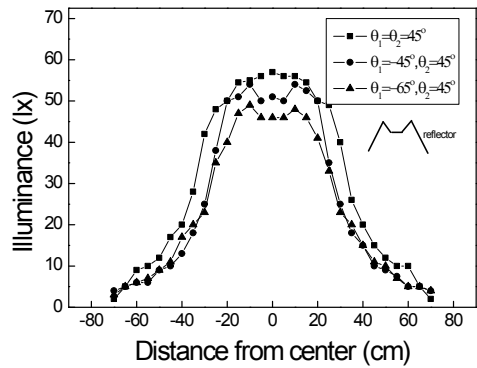


그림 4. θ_1 이 다른 반사각의 거리에 따른 조도 변화
Fig. 4. Illuminance variation with distance (L) by reflectors having different θ_1

조도분포의 측정값들은 가우스확률분포함수 ($y = (\frac{A}{W \times \sqrt{\pi/2}}) \exp(-2 \times (\frac{L}{W})^2)$)를 추종하였다. 여기서 A는 전체 광량, W는 반폭치 그리고 L은 중심으로부터의 거리이다. 측정치로부터 A와 W를 구하였다. A는 측정값들의 평균값인 4,325를 사용하였다. W는 반사각의 각도에 비례하였으며, $W = 40.1 \times \theta + 101.4$ 로 구해졌다. 여기서 θ 는 반사면의 각도를 radian으로 고친 값이다. 그림 7에 위의 모델 식으로 구한 조도분포값과 측정값을 비교하였다. 대부분의 영역에서 10[%]보다 적은 오차를 나타내었다. 본 모델이 빛의 전파에 관한 이론적인 배경을 갖고 있지는 않지만, 반사각과 조도의 관계를 보여주는 새로운 실험결과로서 반사각 반사모델의 개선에 활용될 수 있을 것이다. 본 논문에서는 θ_1, θ_2 가 동일한 반사각의 측정결과만 모델식과 비교하였다. θ_1, θ_2 가 다른 반사각의 경우 두 개의 가우시안분포함수가 더해진 형태가 될 것으로 예상하고 있으며, 정확한 분석을 위한 모델링에 대한 연구는 계속 진행 중에 있다.

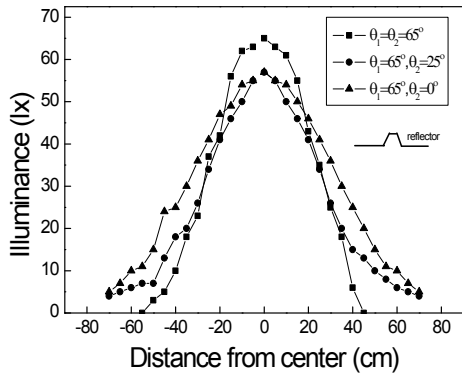


그림 5. θ_2 가 다른 반사각의 거리에 따른 조도 변화
Fig. 5. Illuminance variation with distance (L) by reflectors having different θ_2

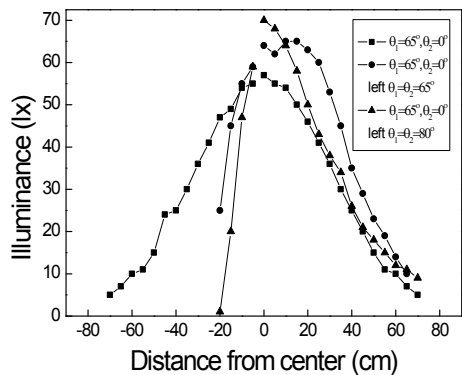


그림 6. 비대칭 반사각의 거리에 따른 조도 변화
Fig. 6. Illuminance variation with distance (L) by asymmetric reflectors

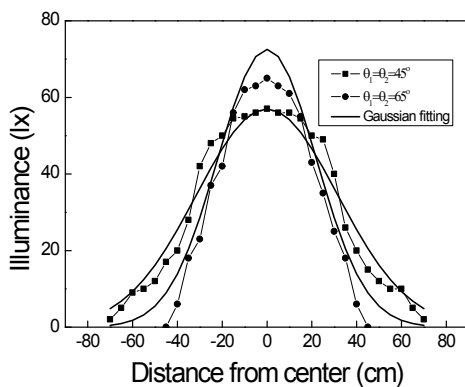


그림 7. 측정된 조도값과 가우시안분포함수의 비교
Fig. 7. Comparison of measured illuminance with Gaussian distribution function

4. 결 론

2개의 각도 변화가 가능한 형광등 반사각을 제조하고 각각의 각도 변화에 따른 조도분포를 측정하였다. 반사각을 천정과 평행으로 두었을 경우에는 거리에 관계없이 $5 \pm 2[\text{lx}]$ 의 조도증가가 관측되었다. 반사각을 아래로 기울임에 따라 중앙의 조도가 급격히 증가하였으며, 중앙으로부터 벗어남에 따라 조도가 급격히 감소하였다. 반사각의 각도를 높임으로써 한정된 특정영역의 조도를 크게 높일 수 있었다. 가우시안 함수로 피팅한 결과에서, 반사각을 사용하지 않을 경우에는 형광등에서 방출되는 빛의 반이 작업면에 도달하지 않는 것을 알 수 있었다. 상단의 반사판을 위쪽으로 높임으로써 두 개의 밝은 스팟이 만들어짐을 확인하였다.

반사각에 의한 조도의 변화를 설명하기 위하여 간단한 반사모델을 설정하였다. 모델을 통하여 계산한 조도분포는 실험치와 비슷한 결과를 보였다. 본 실험의 결과는 다양한 반사각의 설계에 도움을 줄 것으로 생각된다.

References

- [1] 정타관, “조명-원리와 응용”, (주)복스힐, 서울, pp. 197, 2005.
- [2] 지철근, “조명공학”, 문운당, 서울, pp. 119-126, 1997.
- [3] 지철근, “전기응용”, 문운당, 서울, pp. 11-15, 2002.
- [4] 정타관, “조명-원리와 응용”, (주)복스힐, 서울, pp. 7-16, 2005.
- [5] 한영혁, “JCI 디스플레이, 친환경 고효율 반사각 리플렉트올 개발”, 정경뉴스, 2009.
- [6] 조현경, 김재철, 정승복, 임상국, “고효율 반사각을 이용한 등기구 저감효과”, 한국조명전기설비학회 2006춘계학술대회 논문집, pp. 148-150, 2006.

◇ 저자소개 ◇



마대영(馬大泳)

1956년 12월 2일생. 1975~1980년 경북대학교 전자공학과 졸업. 1982~1985년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1985~1987년 한국전자통신연구소 선임연구원. 1987년~현재 경상대학교 전기공학과 교수.