

PLS 램프의 가로등용 반사판 광학설계

(Roadway lighting's a reflector design for PLS)

이창모* · 김정원 · 김 훈

(Changmo Lee* · Jungwon Kim** · Hoon Kim*)

*강원대학교 ** LG전자

요 약

본 논문에서는 도로조명 요건을 고려하여 필요한 배광을 설정하고, 광원 중심의 기하학적 위치, 점등자세와 광원의 크기 등의 광학적인 설계에 필요한 다양한 조건들과 광학설계 방법을 이용하여 350W PLS 가로등용 Compact Reflector 형상을 설계하였다.

1. 서 론

기존의 여러 광원들에 대해 반사갓을 설계하기 위해서는 원점이 되는 필라멘트나 아크튜브 그리고 PLS와 같이 매우 작은 구형태와 같은 발광관의 기하학적인 위치, 램프의 크기, 램프의 점등위치 등을 고려해야 한다. 그리고 특정 용도에 사용할 수 있는 반사갓의 형상은 거의 무한한 가짓수가 있기 때문에, 이에 대한 설계도 대단히 어려운 일이 된다. 설계의 면에서 보면, 반사갓의 형상은 포물형, 타원형, 쌍곡선형, 원형과 같이 수학적으로 그 동작을 예측할 수 있고 설계할 수 있는 Conic Section이 있다[1]. 이 중에서 가장 많이 이용되는 것이 바로 포물형상이다. 포물형 반사갓의 기본적인 특징은 그 초점에 있는 광원에서 나온 빛을 그 축에 평행하게 반사시킨다는 것이다(그림 1).

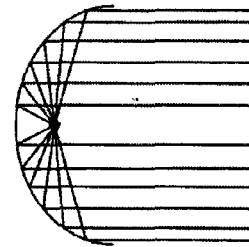


그림 1. 포물형 Reflector의 특징

본 논문에서는 점광원으로 가정할 수 있는 크기의 PLS 발광관을 원점으로 하여 단면을 포물형상의 조합으로 형상화시켜 설계하였다.

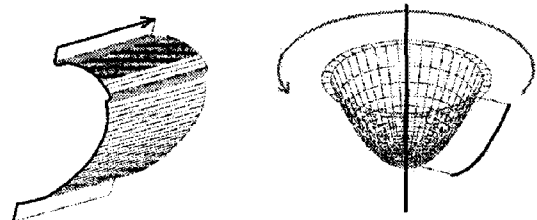


그림 2. 2D Reflector

2. 본론

2.1 Reflector 형상 구현방법

Reflector 형상은 필요에 따라 2D와 3D로 설계한다. 2D Reflector는 단면만을 설계하여 단면을 늘리는 형태와 축에 대해 회전시켜 만드는 형태가 있다. 이는 경기장 조명용으로 사용하는 원형투광기나 형광등과 같이 긴 램프를 사용하는 조명 기구에 적용된다.

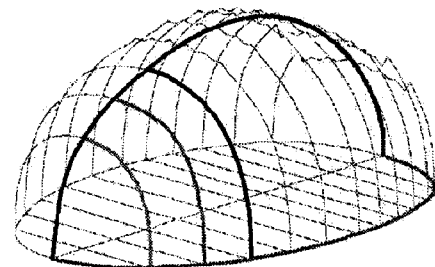


그림 3. 3D Reflector

3D Reflector 형상은 3개의 단면을 설계하여 이를 합쳐 생성시킨다. 이는 도로조명에서와 같이 비대칭 배광을 갖는 조명 기구에 대해 적용된다. 도로조명에서의 도로 폭 방향에 대한 배광, 도로 길이 방향에 대한 배광 그리고 도로의 대각선에 대한 배광이 각기 다른 분포를 갖기 때문에 3D Reflector 형상 설계가 필수적이다.

2.2 광학설계에서의 고려사항

1) 시뮬레이션용 PLS 설계

설계된 반사갓의 배광이 적절한지에 대해서 평가하기 위해서는 시뮬레이션이 필요하다[2]. 이를 위해서 배광예측 프로그램인 Photopia에서 적용할 수 있도록 실제 램프 사양에 대한

Library를 구성해야 한다. 이를 위해서는 실제 PLS의 크기, 광속, 그리고 배광 등이 필요하다.

2) Reflector 크기

조명기구의 광학적 성능을 만족시키면서 미적인 측면을 부각시키기 위해 반사갓은 매우 compact하게 설계된다. PLS 광원의 별브는 매우 작긴 하지만, 장착되어 있는 Mesh의 크기 때문에 이를 포함하는 것이 전체 광원의 크기가 되어 반사갓을 설계하는데 다소 제한요소라 할 수 있다.

2.3 광학설계 절차

1) 적절한 목표배광 설정

기존의 12m pole에 대한 가로등기구의 배광형태를 파악하고 도로조명에서의 다양한 요구조건을 기본으로 PLS 가로등에 대한 적절한 배광을 설정한다.

2) 광원 Library 구성

반사갓 설계를 시작하기 전에 PLS 광원의 사양을 고려하여 실제 PLS 광원의 크기와 광속 및 배광분포를 모의하기 위해 광원의 Library를 구성한다. PLS 광원의 형상은 그림 4에 나타내었다.

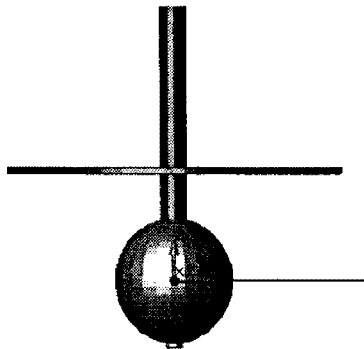


그림 4. PLS 광원 Library

3) 반사갓 설계

실제 PLS 광원의 크기는 Mesh와 Mirror가 장착되었기 때문에 이를 고려하여 반사판 크기를 정해야 한다. 램프의 기하학적 중심은 램프의 원형별브의 중심으로 하고 이를 포물형상의 초점이 된다. 따라서 이 초점과 반사판의 크기에 대해 각 단면을 포물형상으로 설계한다.

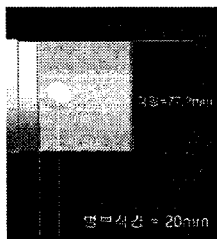


그림 5. PLS의 기하학적 크기

4) 배광 시뮬레이션 수행

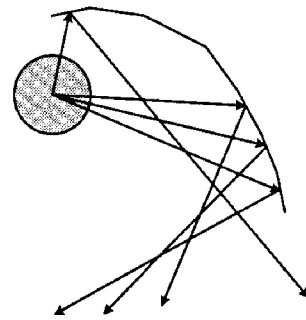
1차 설계 후, 배광예측 프로그램인 Photopia를 이용하여 구성된 Library를 삽입하여 시뮬레이션을 수행한다.

2.4 광학설계

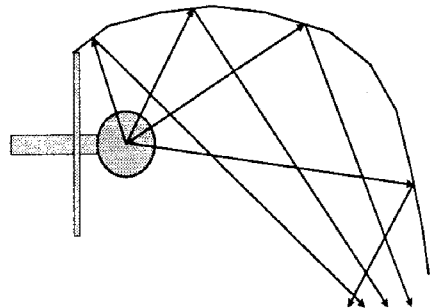
1) 광학설계 접근 방법

광학설계는 3D 형상으로 설계하게 되며 형상 설계 시 3개의 단면을 고려한다(그림 6). 도로폭 방향에 대한 단면, 도로 길이 방향에 대한 단면 그리고 도로 대각선 방향에 대한 단면이다. 각각의 단면은 포물형상의 조합으로 구성한다.

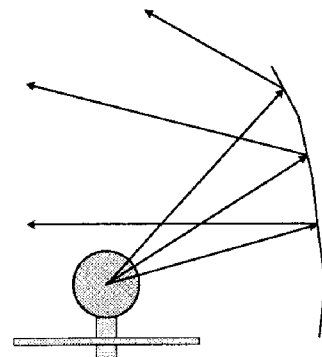
각각의 단면을 설계한 후 이 모두를 적절하게 결합하는 과정을 거친다(그림 7).



(a) 도로길이 방향 단면



(b) 도로폭 방향 단면



(c) 도로 대각선 방향 단면

그림 6. 3D 설계시 단면

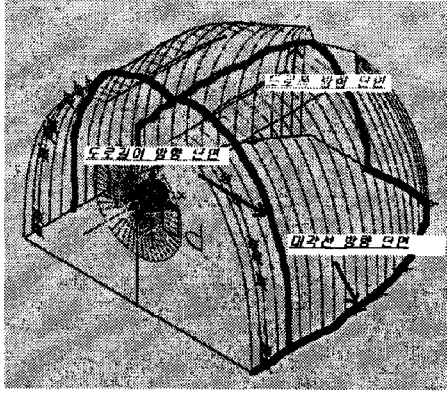


그림 7. 3D Reflector

그림 7에서의 각 단면은 모두 포물형상으로 조합된 것이다.

2.5 광학설계 결과

위의 과정을 바탕으로 반사갓을 설계하였다. 반사갓의 외형과 배광은 그림 8과 9에 나타내었다.

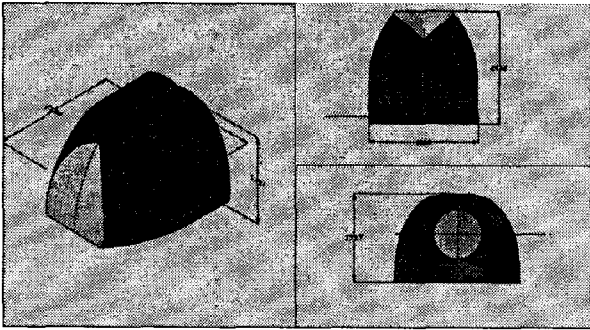


그림 8. 반사갓 형상 및 크기

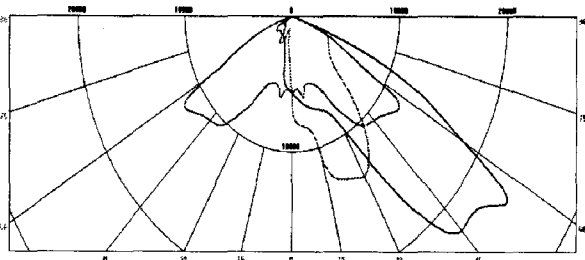


그림 9. 반사갓의 배광

시뮬레이션 조건은 표 1에 나타내었다.

표 1. 시뮬레이션 조건

광원 초기광속	ray 수	반사 수	재질의 반사율
29,500 [lm]	1000,000 개	10 번	85% (Specular)

PLS의 광속은 28,000lm 이지만, 광원 Library 구성 시, 벌브, Mirror 그리고 튜브에서 흡수되는 광속을 고려하여 초기 광속을 산정하였다. 그리고 반사갓의 반사율은 85%로 하였다.

일반적으로 기존의 램프들은 사방으로 빛이 분포되어 있다. 그래서 도로상황에 적합하도록 적절하게 광속을 분배할 수 있다. 그러나 PLS의 경우, 벌브에서 발산하여 뒤로 향하는 ray를 이용하기 위해 장착한 Mirror의 영향으로 벌브 측면보다는 벌브 전방으로 빛이 분포되어 있다. 그렇기 때문에 그림 9에서와 같이 도로쪽 방향으로 빛이 많이 분포하고 있다.

3. 결론

많은 장점을 가진 광원이라 할지라도 광원 자체만으로 사용할 수는 없다. 따라서 좋은 광원의 활용에 있어서 조명기구의 개발이 항시 뒷받침되어야 한다. 본 논문에서는 도로요건에 적합하도록 350W PLS 가로등용 반사갓을 설계하였다.

수학적으로 정의하여 간단히 적용할 수 있는 포물형상을 이용하여 단면을 구성하였다. 3D Reflector의 모든 단면은 모두 이 포물형상의 조합으로 이루어졌다.

따라서 단일 segment로 구성하여 만든 광학설계 보다 포물형상으로 보다 용이하고 간단하게 적용시킬 수 있었다.

compact한 반사갓을 확보함으로써 조명기구의 디자인의 다양성을 확보할 수 있으므로 PLS 가로등 조명기구에 대한 품질 및 성능향상이 기대되며, 350W의 PLS를 가로용에 적용시킴으로써 PLS의 적용범위에 대한 다양성을 확보할 수 있을 것이다.

본 연구는 LG전자의 사업지원에 의해서 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) Joseph B. Murooco, "Illumination Engineering From Edison's Lamp to the LED, second edition", 2003.
- (2) 이창모, 김훈, "PLS(Plasma Lighting System) 광원용 반사갓 설계법에 관한 연구". 한국조명·전기설비학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 243-247, 2004.