

비대칭 배광을 가지는 CMH전용 터널등기구의 반사판 설계

(Reflector design of tunnel lighting having asymmetrical luminance intensity distribution for CMH lamp)

정승균* · 한종성 · 김 훈

(Seung-Gyun Jung* · Jong-Sung Han · Hoon Kim)

(강원대학교 IT특성화대학 전기전자전공)

요 약

에너지 절약, 고효율의 광원들에 대한 사용이 장려되고 있는 현재, CMH 광원은 이러한 기대를 충족시켜 주는 광원으로서 각광받고 있다. 본 논문에서는 이러한 CMH 전용 터널 등기구의 반사판을 설계하여 그 결과를 예측하고, 광학 성능 예측 프로그램을 이용, 조명기구의 배치 결과까지 예측하여 국내 기준에 부합할 수 있는 성능을 확인하였다.

1. 서 론

CMH 광원은 기존 석영관을 사용하는 메탈 할라이드 램프에서 발광관의 재질을 세라믹으로 교체하고 내부 봉입가스를 변경하여 점등하는 형태의 광원이다.

기존의 메탈 할라이드 램프와 비교하여 불 때 수명이 약 두 배 이상(기존 메탈 할라이드 램프 : 8000h, CMH : 15000~20000h) 향상되었으며, 광속 유지율 또한 20~30%정도 우수한 성능을 가지고 있다.

또한 광색의 다양함(색온도 3000K~6000K)과 전자식 안정기의 조합을 통해 순시 재점등 또한 가능하므로 다양한 분야에 대한 적용이 가능한 광원이라 할 수 있다.

이러한 CMH 광원의 장점을 살리기 위해서는 고성능의 조명기구가 함께 개발 되어질 수 있어야 한다.

조명기구를 구성하는 요소들에는 여러가지가 존재하고 있으며, 이들 중 가장 근본적인 빛의 제공 이라는 측면에서는 광학 부품 즉, 반사판 또는 렌즈 등의 성능이 절대적으로 작용하게 된다.

만약 적절한 광학설계가 결핍된 조명기구를 실 조명 환경에 적용하게 될 경우, 광원의 특성이 아무리 좋다 할 지라도 그 성능을 제대로 발휘할 수 없게 된다.

따라서 조명기구의 올바른 적용을 위해서는 광원의 성능을 최대화 시킬 수 있는 최적의 광학부품 설계가 요구되어진다.

본 논문에서는 터널에 적용하기 위한 CMH 전용의 반사판 설계를 시행하였으며, 이에 대한 성능을 검증하기 위해 광학 성능 예측 프로그램인 PHOTOPIA와 LIGHTSCAPE을 활용하여 조명기구의 효율 및 배광분포, 조명기구 배치를 통한 조도 분포 등을 예측하였다.

CMH광원을 이용한 반사판 설계를 시행하기에 앞서 광원의 특성을 프로그램화 한 램프 라이브러리의 분석을 시행하였다. 설계에 적용할 광원은 150w급의 CMH single ended 램프이며 램프 라이브러리의 형상과 배광 특성을 그림 1과 그림 2에 나타내었다.

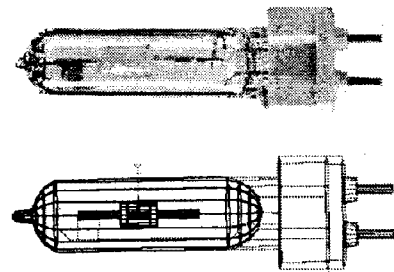


그림 1. 램프 라이브러리에 구현된 CMH 광원의 형상

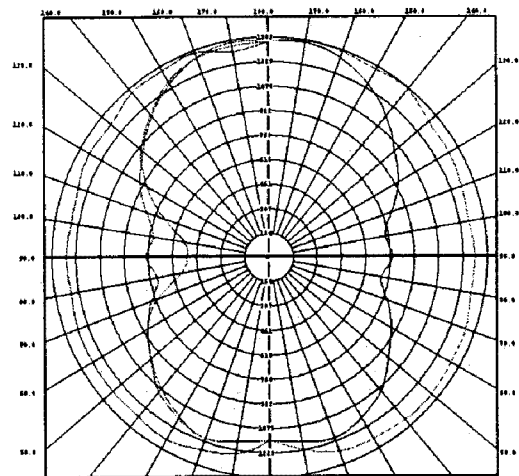


그림 2. CMH 광원의 배광분포 형상

2. 본 론

2.1 Photopia lamp library의 분석

2.2 광원에 대한 직접 설계법의 수행

CMH 광원은 소형의 광원이며, 이러한 장점을 살리기 위해서는 광원에 적용되는 반사판 또한 소형으로 유

지할 수 있어야 한다. 이미 알려져 있는 기본적인 반사판 설계법[1]의 경우 반사판의 최종적인 부피가 상당히 커지게 되고 설계 과정상의 수정이 용이하지 못하기 때문에 본 반사판의 설계에 있어서는 광원의 형상을 그대로 활용하여 설계하는 직접 설계법을 활용하여 설계를 시행하였다.

그림 3에 이러한 직접 설계법의 기본 방식을 나타내고 있다.

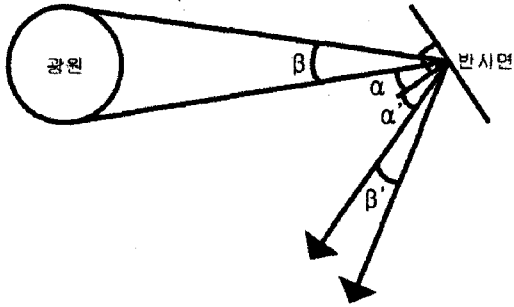


그림 3. 직접 설계법의 설명

그림 3에서 α 각은 반사면에 대한 입사각으로, 반사면으로 입사한 RAY는 반사면의 법선에 대해서 α 각과 동일한 크기를 가지는 α' 의 각도로 뺏어나가게 되며 수평면에 대한 법선과 최종적으로 뺏어나간 RAY간의 각도가 해당 RAY의 수직각이 된다. 또한 각 β 는 광원으로부터 발산되는 RAY의 범위로서 이는 반사면의 한점에 대해 광원의 접선을 연결한 각도로 이루어져 있다. 또한 이 β 는 β' 과 동일한 각도를 가지고 있으므로 반사된 RAY의 범위를 파악할 수 있다.

본 논문에서는 3차원적인 배광을 형성하기 위해서 이러한 직접 설계법을 수평각에 따라 여러번 재 시행하여 각 수평각에 따른 수직각의 배광을 각기 다른 형태를 가지도록 하였다.

그림 4에는 반사판 설계가 적용되기 위한 터널의 모델링 형상을 보이고 있다.

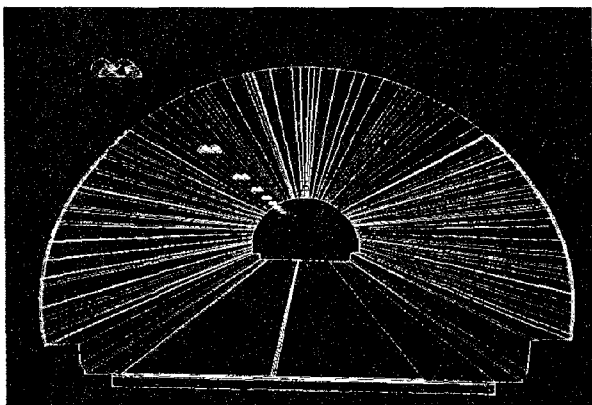


그림 4. 모델링된 터널의 단면

CAD 파일로 형성된 터널 단면에 대해 조도계산을 통해 목표배광을 설정하고 앞서 설명한 직접 설계법을 활용 반사판의 설계를 수행하였다.

그림 5에는 해당 반사판의 목표 배광을, 그림 6에는 설계가 완료된 반사판의 형상을 보이고 있다.

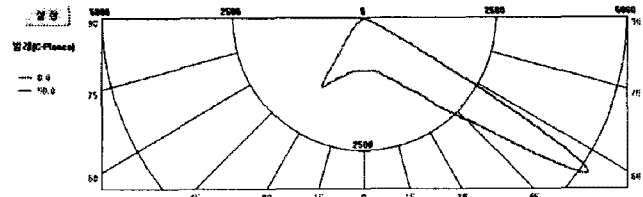


그림 5. 목표배광의 형태

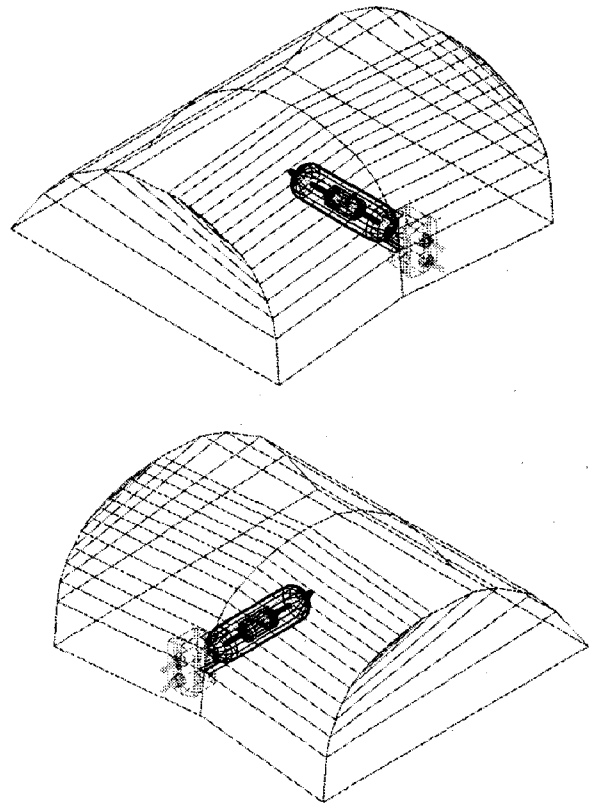


그림 6. 설계가 완료된 반사판의 형상

설계가 완료된 반사판의 사이즈는 상하좌우 모든면의 사이즈가 20cm를 넘지 않는 소형을 유지할 수 있었으며, 반사판의 후면은 3차원 설계의 결과로서 도로 길이 방향으로 빛을 최대한 분산시키기 위해 약간 기운 형태를 가지게 되었다.

2.3 반사판 성능의 분석

설계된 반사판의 배광과 광학적 효율의 예측을 위해서 배광예측 프로그램인 Photopia v.1.5를 사용하여 그

결과를 확인하였다.

그림 7에는 설계가 완료된 반사판의 배광분포와 광학적 효율을 보이고 있다.

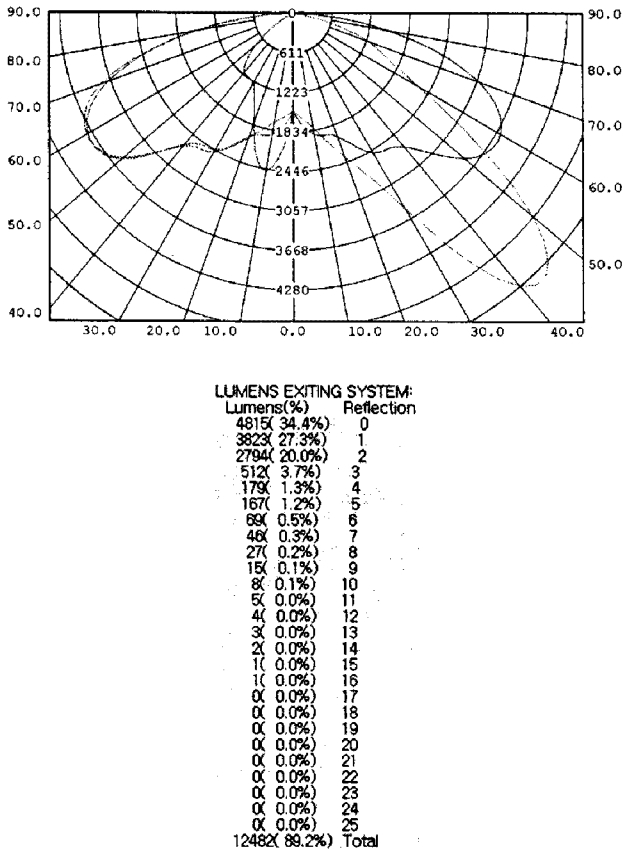


그림 7. 설계된 반사판의 광학적 성능

성능 예측 결과 목표배광과 설계 결과물의 배광이 유사하게 나타났으며, 반사판 재질을 90% 경면 반사판으로 설정했을 경우 90%에 가까운 효율을 보여 우수한 성능을 가지고 있음을 알 수 있었다.

또한 반사판 자체의 성능 뿐 아니라 LightScape를 활용하여 터널 내부의 조명기구 배치를 통한 조도 분포의 결과를 예측하였다.

이때 반사판의 성능에 대한 기준은 KS 터널 조명 기준을 적용하여 전반균제도 0.4 이상, 차선축 균제도 0.7 이상으로 설정하였으며, 조명기구 배치는 야간시, 주간시, 심야시 등으로 나누어 그 성능을 예측하였다. 심야시에는 해당 조명기구의 광속을 반으로 줄여 조명기구에 적용하였으며 기구 간격은 야간시와 동일하다. 각 시간대에 대한 조명기구 설치 간격은 표 1과 같으며, 표 2와 표 3에 이러한 LightScape 조도 분포의 결과를 정리하여 보이고 있다.

조도분포 성능 예측 결과, 모든 영역대에서 균제도를 만족하였으며, 기준 조도 또한 만족하는 것으로 나타나 설계된 반사판이 우수한 성능을 가지고 있음을 알 수 있었다.

표 1. 조명기구 설치 간격

시간대	설치간격
주간	7.4m
야간	14.8m
심야	14.8m

표 2. 설계된 반사판의 조도분포

시간대	목표 평균조도	결과 평균조도
주간	120lx	120.6lx
야간	30lx	31.7lx
심야	15lx	15.5lx

표 3. 설계된 반사판의 조도 균제도 결과

시간대	차선축 균제도 (1차선/2차선)	전반균제도
주간	0.95/0.97	0.63
야간	0.753/0.708	0.52
심야	0.77/0.701	0.55

3. 결론

신광원의 개발이 계속되고 광원의 형태 및 성능이 개선됨에 따라 조명기구의 개선도 함께 이루어져야 한다.

광원의 성능을 뒷받침 해주지 못하는 조명기구는 조명환경을 해칠 뿐 아니라 에너지의 낭비 또한 초래할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 신광원의 일종인 CMH 광원에 대해 비대칭 배광을 가지는 터널등 반사판을 설계하고 그 성능을 확인하였다.

반사판의 설계 후 광학적 성능 예측 프로그램의 적용 결과 반사판 개개의 성능은 매우 우수한 것으로 나타났으며, 배치에 따른 조도분포 결과 또한 모든 기준을 만족하며 좋은 성능을 가지는 것을 확인 할 수 있었다.

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구 결과입니다.

참고 문헌

- (1) R.H. Simons and AR. Bean "Lighting Engineering applied calculations", MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall, pp.227