

250 mm 해상등명기 조명계의 설계 및 실험적 평가

Design of Marine Lantern Illumination System with the Diameter of 250 mm and its experimental evaluations

조현석, 박승남*, 조재홍, 박철웅*, 김용완*, 김종태**,
한남대학교 물리학과, *한국표준과학연구원, **부경대학교 화상정보공학부
73rltkd@naver.com

선박의 안전한 항해를 위해서는 항해자가 원할 때마다 선박의 위치를 확인할 수 있어야 한다. 주간에는 연안을 항해하거나 입출항 할 때에 섬이나 곳, 산봉우리와 같은 육상의 뚜렷한 목표를 이용할 수 있지만, 야간에는 인공적인 항로표지 시설을 설치하여 항해를 도와야 한다. 여러 항로표지 시설 중에서 광파표지는 항해자에게 가장 직접적이고, 빠르게 선박의 위치를 확인시켜주기 때문에 음파표지와 함께 많이 사용되고 있다. 광파표지의 핵심 장비인 등명기는 등부표에서부터 육지 초인까지 다양한 용도로 사용되고 있으며, 항로표지의 등화가 도달하는 최대 거리로 정의되는 광달거리 5 마일 이하의 소형에서부터 광달거리 25 마일 이상의 대형까지 다양한 종류가 사용되고 있다. 그러나 국내에서 사용되어지고 있는 등명기의 종류는 국내외 제작사로부터 공급된 21 종의 모델이 설치되어 있어서 모델들 간의 호환성이 없다. 그래서 부품에 결함이 발생하였을 때에도 부품 조달이 어려워 신속한 교체가 이루어지지 못하는 실정이다.⁽¹⁾

일반적으로 등명기렌즈는 부피를 줄이기 위하여 프레넬렌즈를 사용하는데 렌즈의 중심 근처에서는 Groove들의 각도가 평면에 거의 평행하고 렌즈의 외곽으로 갈수록 Groove들의 각도가 심하게 기울어진 모양을 하고 있다. 프레넬 렌즈는 수차를 보정한 단일렌즈를 일정한 깊이로 잘라서 평면에 붙인 렌즈로, 각 Groove들을 평면에 이동시킬 때 원래의 비구면렌즈에서 약간씩 수정하게 된다. 프레넬 렌즈에서의 Groove들은 광을 정확히 하나의 초점으로 전달시키지만, 불연속적인 면에 의한 파면의 호트러지는 현상이 영상의 질을 떨어뜨린다.⁽¹⁾ 그래서 프레넬렌즈는 부피가 작다는 장점에도 불구하고 결상장치에는 사용되지 않고 조명장치에서만 사용한다. 이 논문에서 설계한 등명기렌즈도 수차를 보정하기 위해서 비구면으로 최적화하였다. 이 비구면 등명기렌즈를 LightTools에 형상화하기 위해서는 등명기렌즈의 면을 좌표에서의 점으로 연결해가면서 형상을 그려야만 한다. 이러한 이유 때문에 비구면 방정식

$$Z(r) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + Ar^4 + Br^6 + Cr^8 + Dr^{10} + \dots \quad - (1)$$

을 사용하여 $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$ 를 $X=0$ 으로 본 Y, Z평면상에서 Y값에 대한 Z값을 구하여 X, Y, Z의 좌표를 구했다. 위 식에서 k는 conic constant, $c=1/R$, $A \cdot B \cdot C \cdot D$ 는 비구면계수이다.⁽²⁾ 그런데 이 비구면방정식을 이용하여 각각의 Groove의 데이터에 대해 12~30개의 좌표를 구하여 LightTools에 입력하려면 많은 시간이 걸린다. 그래서 이 실험에서는 각각의 Groove에 대한 데이터를 자동으로 비구면 방정식에

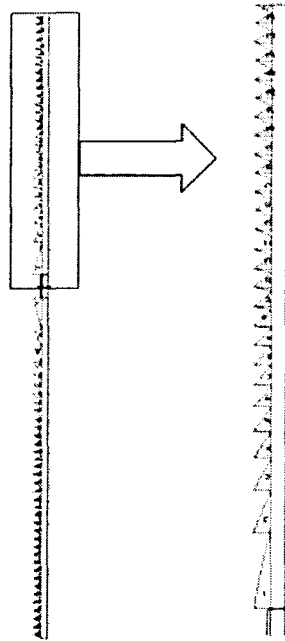


그림 1. CODE V에서 최적화된 프레넬 렌즈 단면

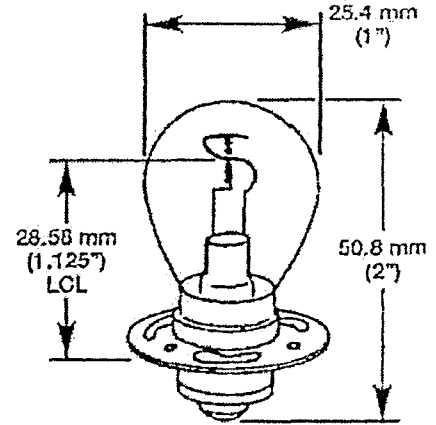


그림 2. Straight Sided 모양의 전구

대입하여 계산되어진 Y, Z값을, X, Y, Z의 좌표로 환산하여 LightTools에 입력시키는 매크로를 작성하였다. 이로부터 CODE V를 사용하여 (1)식에 따라 그려진 프레넬 렌즈의 단면을 그림 1에서 볼 수 있다.

등명기렌즈와 함께 사용되는 전구는 광이 수평의 전 회전 방향에 대하여 광도가 일정해야 하므로 수평면상의 각 방향과 광도분포, 즉 수평 배광곡선을 측정하여 전구의 특성을 알아내야 한다. 이 논문에서 사용한 전구는 그림 2와 같은 C-8 type의 filament를 채택한 24 W Straight Sided 모양의 전구로 2.03 A, DC 12 V에서 작동되어진다. 이 전구가 수평의 전 회전 방향에 대하여 광도가 일정한지를 알기 위하여 수평 배광곡선을 측정하여 확인하고, 측정된 수평 배광곡선을 LightTools에서 전구를 형상화 할 때 전구의 특성에 측정된 배광곡선의 데이터를 입력하였다. 그래서 LightTools에서 형상화한 전구를 시뮬레이션 해서 얻은 배광곡선과 실험에서 측정된 배광곡선이 일치하는가를 확인하였다. 이렇게 완성된 등명기렌즈와 전구를 LightTools를 이용하여 등명기렌즈의 중심에서부터 1~2 mm 단위로 상하좌우 최대 20 mm까지 전구를 이동시켜 가면서 등명기렌즈를 투과한 광의 거리에 따른 광도를 확인하였다. 그래서 등명기렌즈에서 전구의 최상의 위치를 알아냈고, 등명기렌즈와 전구의 조합에서 어느 정도의 오차가 있어도 광도가 변하지 않는 범위를 찾아냈다. 이렇게 얻어낸 데이터를 바탕으로 실제로 제작되어진 등명기렌즈와 전구를 시뮬레이션에서의 조합과 같이 설치하고, LSF의 형태의 광을 입사시켜 등명기렌즈를 회전시키며 광 검출기로 광도를 측정하였다. 그래서 시뮬레이션에서 얻은 데이터와 실제 실험에서 얻은 데이터들의 오차를 확인하고 어디에서 많은 오차가 나왔는지를 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 박승남, "표준화 등명기 연구개발(최종보고서), 해양수산부, 1-3, 43-50 (2003)
2. Warren J. Smith's, "Modern Optical Engineering", 312-317