

# 해상용 LED 등명기의 색도 측정

(Color Measurement for LED marine signal lights )

정재훈\* · 유충현 · 김현조 · 김동근

(항로표지기술협회)

(Jae-Hoon Jeong · Chung-Hyun Yu · Hyun-Jo Kim · Dong-Guen Kim)

## 요 약

항로표지용 LED 등명기는 완전방수형 구조이며, 발광형태도 섬광 특성을 가진다. LED 등명기의 색도 및 광도 측정에 있어 섬광형태로 측정하는 것은 그 한계가 있으며, 이에 부동광(연속광)으로 측정이 이루어진다. 이때 중요하게 취급되어야 할 것이 예열시간이며, 적절한 예열시간 선정에 따라 Field와의 오차를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 해상용 LED 등명기의 색도 측정 시에 고려해야 하는 예열 시간을 실험을 통하여 산정해 보았다.

## 1. 서 론

해상용 LED 등명기는 2003년에 국내에서 처음으로 제작되어 사용되었다. 초창기에는 정전압 제어 방식을 이용하여 구동회로를 구성하였으며, 2006년부터 정전류 제어 방식을 이용하고 있다.

LED 광원의 경우 기존에 사용하는 백열전구나 메탈할라이드램프에 비해 수명이 길고, 유지·보수가 간편하다는 장점이 있는 반면에, 내부 발열에 따라 그 특성 변화가 심하다는 단점이 있다. 특히 해상용으로 사용되는 LED 등명기의 경우, 해수의 침투를 막기 위해 완전 밀폐형태로 사용되므로 내부발열에 의한 특성 변화가 크다.

LED 등명기는 실제 사용에 있어, 일정한 점멸 특성을 가지고 동작하며, 이를 통해 위험지역이나, 방향표시 등에 이용되고 있다. 그러나 이 등명기의 성능검사의 경우, 점멸에 의한 광도 및 색도 측정에 한계가 있으며, 그 점멸특성도 20종류 이상이므로, 부동광(연속점등)식으로 점등 후 특성검사가 이루어진다. 이에 따라 실제 사용과 특성검사와의 측정 오차가 있기 마련이며, 이를 줄이기 위해 일정한 예열 시간을 설정할 필요가 있다.

현재 KS규격상에 이와 유사한 LED 신호등의 규격이 제정되고 있으나, 예열시간에 대한 정확한 수치가 명시되어 있지 않으며, 사용환경에 따라 사용자에 의해 설정하도록 되어있다. 이에 본 논문에서는 해상용 LED 등명기의 색도 측정에 관한 예열 시간을 산정하여, 실제 사용 시와의 측정 오차를 줄이고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1. 해상용 LED 등명기 구조

그림 1 는 해상용 LED 등명기의 사진이다.

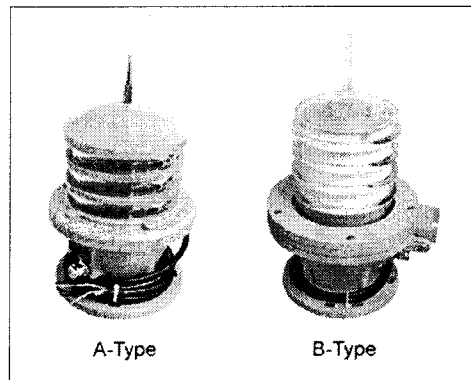


그림 1. 해상용 LED 등명기

위 등명기들은 해상용 LED 등명기의 대표적인 두가지 형태이며, 주로 해상용 등부표 및 교량등에 이용된다. 등명기는 색상 및 등질에 따라 그 사용용도가 다양하며, 광도 또한 요구범위에 적합하도록 설계되어 있다.

구조는 상부등체와 하부등체로 나누어지며, 상부등체는 LED 모듈이 3단으로 적층되어 있고, 하부등체에는 LED 모듈을 제어하기 위한 섬광기가 내장되어 있다. 사용되는 색상은 주로 백, 황, 녹, 적의 4가지이며, 용도에 따라 특수한 경우 청색 LED가 이용되기도 한다.

### 2.2. 색도 측정

해상용 등명기의 색도 측정은 상대분광복사조도 측정 방법을 이용하고 있다. 그림 2는 LED 등명기 설치 후 색도를 측정하는 실험 사진이다.

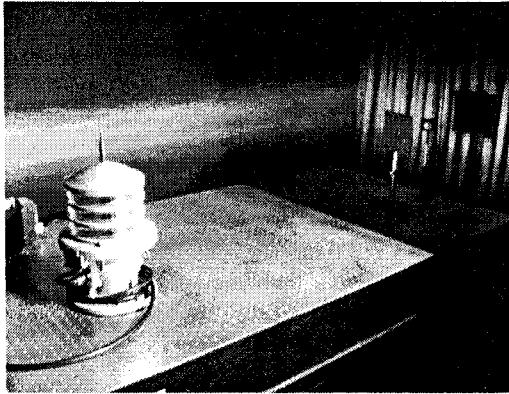


그림 2. LED 등명기 색도측정

### 2-2-1. 상대분광복사조도 측정

색상을 수치화하여 명확히 표시하기 위한 일련의 규정과 정의로부터 세워진 체계를 표색계라 하며, 현재는 광원색을 표현할 경우, 국제적으로 CIE가 1931년에 정한 X, Y, Z 표색계를 사용하고 있다.

상대분광복사조도 측정에 의한 색도측정은 광원으로 방사된 빛을 분광하여 다음의 계산식에 의해 색도좌표를 구하는 것이다.

$$X = k \int_{380nm}^{780nm} S(\lambda) \bar{x}_\lambda d\lambda$$

$$Y = k \int_{380nm}^{780nm} S(\lambda) \bar{y}_\lambda d\lambda$$

$$Z = k \int_{380nm}^{780nm} S(\lambda) \bar{z}_\lambda d\lambda$$

$\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$  : 등색함수  
 $k$  : 683 lm/W

윗 식으로부터,

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

으로 계산된다. 색상은 일반적으로 Y, x, y값으로 표시하는데, Y는 광원색의 경우 빛의 세기, 표면색의 경우 휘도율을 의미하며, x, y는 CIE 색좌표계의 좌표이다.

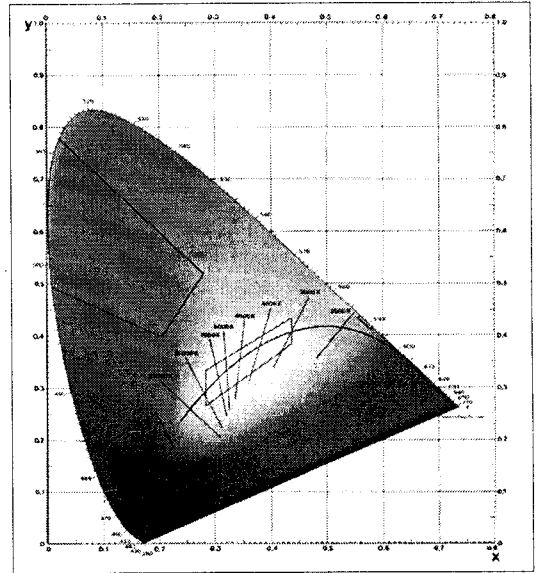


그림 3. CIE 색좌표(IALA 권고기준)

### 2.3. IALA 및 국토해양부 권고 기준

일반적인 색도범위에 대한 기준은 앞서 말했듯이, CIE 1931 표준표색계에 의해 정해져 있다. 그러나 IALA(국제항로표지기술협회) 및 국토해양부에서는 더욱 엄밀한 기준을 요하는 항로표지의 특성상 새로이 특정한 색도범위를 정하여 이용하고 있으며, 그림 3과 표 1에 제시된 것과 같이 백, 적, 황, 녹색의 색상 범위를 권고하고 있다.

표 1. IALA 및 국토해양부 색도좌표 권고

색상	좌표	1	2	3	4
백	x	0.440	0.285	0.285	0.440
	y	0.382	0.264	0.332	0.432
적	x	0.710	0.700	0.670	0.680
	y	0.290	0.290	0.320	0.320
황	x	0.585	0.581	0.555	0.560
	y	0.415	0.411	0.435	0.440
녹	x	0.022	0.282	0.207	0.013
	y	0.778	0.518	0.397	0.494

## 2.4. 예열시간 산정 실험

### 2.4.1. 전류 측정에 의한 방법

정전압 제어형 LED 등명기의 예열시간 산출방법을 서술하였다.

- 가) 실제 현장에서 사용되는 등질(점멸형태)들을 조사한다.
- 나) 대표적인 몇가지의 등질을 선정하여 충분한 예열시간 동안 전류변화를 측정한다.
- 다) 등명기를 색도 측정 상황과 같은 조건으로 부동광(연속) 점등 시키고 예열시간 동안 전류변화를 측정한다.
- 라) 등질 동작시의 전류값과 유사한 결과를 보이는 부동광 점등 예열시간을 산출한다.

그림 4는 정전압 제어방식을 이용하는 LED 황색등명기를 부동광(연속점등)으로 점등하였을 때의 예열시간에 따른 전류변화를 보인다.

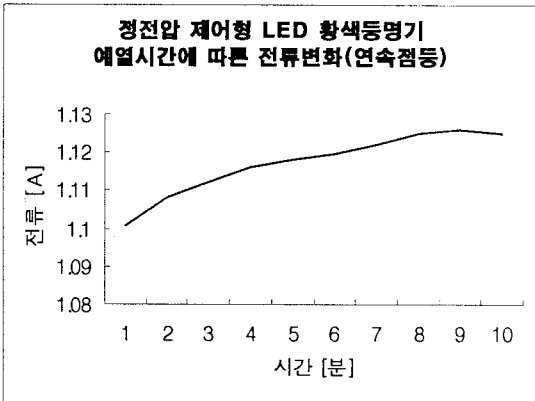


그림 4. 정전압 제어형 LED 황색등명기 전류변화

### 2.4.2. 색도변화 측정에 의한 방법

예열시간 산정에 있어, 정전류 제어형 LED 등명기의 경우는 정전압 제어형의 전류값을 측정하는 방법과 마찬가지로 색도변화를 측정하여, 부동광 점등 예열시간을 산출한다.

그림 5는 LED 황색 교량등명기를 부동광(연속점등)으로 동작시킨 후, 그 분광방사파장의 변화를 보인 것이다.

예열시간 1분에 초기 측정을 실시하여, 매분마다 1회씩 측정하였으며, 최종적으로 15분 예열상태일 때의 파장을 비교하였다.

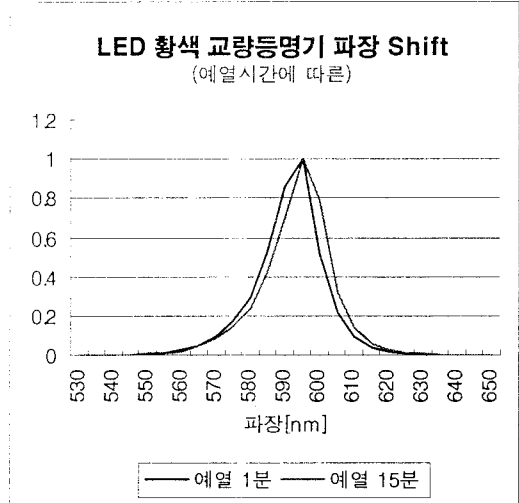


그림 5. 예열시간에 따른 파장변화(황색)

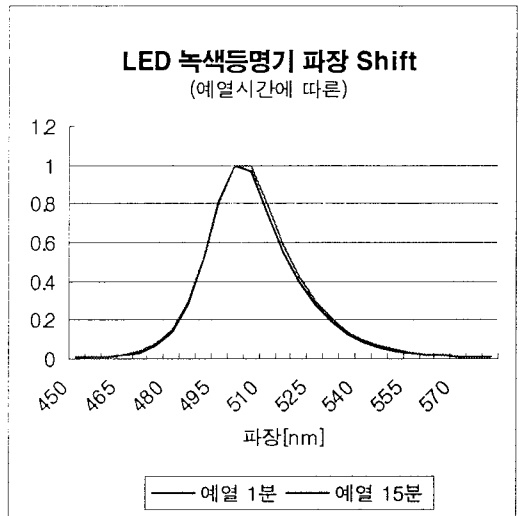


그림 6. 예열시간에 따른 파장변화(녹색)

그림 6는 LED 녹색 등명기를 같은 방법으로 비교하였을 때를 보인다. 황색등명기가 녹색등명기에 비해 변화가 큰 것을 알 수 있다.

그림 7은 LED 황색 교량등명기의 예열시간에 따른 색좌표 이동을 보여주고 있다. 국토해양부의 색도기준과 관련하여 보면, 초기 수분동안의 예열시간에서는 검사기준에 적합한 것으로 나타나고 있으나, 최종 15분 예열 후에는 기준 범위를 벗어난 것을 알 수 있다.

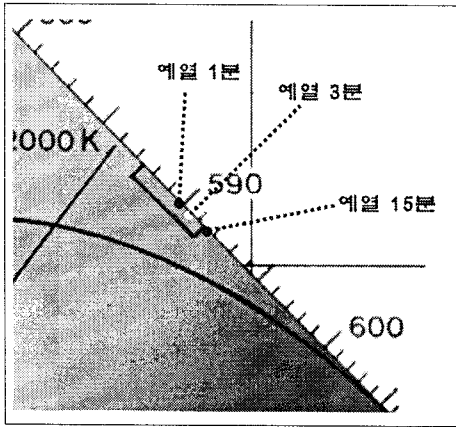


그림 7. LED 황색 교량등명기의 색좌표 변화

## 2.5. 실험결과

부동광 점등시간에 따른 전류 및 색도변화 실험을 통해 얻어진 데이터와 비교하여 사용 등질에 따른 예열시간을 산정하여 보았다.

표 2는 정전압 제어형의 LED 황색등명기를 이용한 실험결과이다. 등질은 현장의 여건 및 제품의 특성을 고려하여 선정하였으며, 예열시간에 따른 전류변화를 통해 시간을 산정하였다.

표 2. 정전압 제어형 LED 황색등명기 예열실험

등 질	등질특성	예열시간 [분]	전류 [A]	예열시간 선정
Fl 4s	주기 4초 점등 1초	15	1.091	1분 이내
Fl(4) 8s	주기 8초 점등 0.5초 4회	15	1.103	2분 이내
Q	주기 1초 점등 0.5초 1회	15	1.109	3분 이내

표 3. 정전류 제어형 LED 황색 교량등명기 예열실험

등 질	등질특성	예열시간 [분]	예열시간 선정
Fl 4s	주기 4초 점등 1초 1회	15	1분 이내
Q	주기 1초 점등 0.5초 1회	15	3분 이내
Iso 10s	주기 10초 점등 5초 1회	15	6분 이내

표 3은 정전류 제어방식의 LED 황색 교량등명기를 이용한 실험결과이다. 부동광 점등 시의 예열시간에 따른 색도좌표 변화를 통해 시간을 산정하였다.

## 3. 결론

해상용 LED 등명기들의 예열시간에 따른 색상변화를 실험을 통해 알아보았다. 해상용 LED 등명기의 색상은 백, 황, 녹, 적 4가지가 주를 이루며, IALA 및 국토해양부 색도기준을 고려하여 볼 때, 이중 황색등명기가 예열시간에 따른 특성변화가 가장 큰 것으로 나타났다.

실험결과에서, 해상용 LED 등명기의 등질에 따른 색도측정 예열시간은 단섬광(Fl 4s), 균섬광(Fl(4) 8s) 및 급섬광(Q)의 경우 최대 3분 이내에서 측정이 이루어져야 하며, 등명암광(Iso 10s)의 경우는 6분 이내가 적합한 것으로 나타났다. 점·소등을 주기적으로 반복하는 경우, 예열시간은 그 점등시간(명간)에 의해 크게 좌우되므로, 등질별로 점등시간을 고려하는 것이 좋으나, 실제로 매 측정시마다 등질을 고려하기는 힘들다.

그러므로 실험결과 및 사용빈도수를 고려하여, 등명암광의 경우는 기타 등질에 비해 그 사용빈도가 현저히 떨어지므로, 최종적으로 3분 이내의 예열시간으로 설정하는 것이 좋다는 결과를 얻었다.

이상에서 얻어진 결과는 전류측정 및 색도측정에 의해 산출되었으며, 실제로 좀 더 엄밀한 결과를 얻기 위해서는 LED 소자들 자체 특성에 대한 연구 및 LED 모듈 내부의 온도 변화에 대한 연구도 같이 진행이 되어야 할 것으로 본다. 차후 좀 더 심도 있는 연구를 진행할 수 있기를 바란다.

## 참 고 문 헌

- [1] 해양수산부, "항로표지 업무편람", 2006.
- [2] IALA, "for the rhythmic characters of lights on aids to navigation", IALA Recommendation, May, 1998.
- [3] IALA, "for the colours of light signals on aids to navigation", IALA Recommendation, December, 1977.
- [4] KS규격, "LED 교통 신호등", KS C 7528. 2004.
- [5] KS규격, "발광 다이오드(LED)의 성능 평가 방법", KS C 7104. 2005.
- [6] KS규격, "발광 다이오드(표시용) 측정 방법", KS C 7528. 2004.