

〈해설〉

육상용 LED 램프의 선박 적응력에 관한 연구

정지현* · 박환철 · 김용주 · 한승재 · 서상도 · 김민석

부경대학교 실습선

A study on the accommodation of common LED to shipboard

Ji-Hyun JEONG*, Hwan-chul PARK, Yong-Joo KIM, Sang-Do SEO,

Seung-Jae HAN and Min-Sok KIM

Training Ship, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Common LED (Light Emitting Diode) lamp has many advantages to compare with fluorescent lamp, long life and no pollution matter like the mercury. The LED lamp is a good light source especially for shipboard lighting because of its compact structure which prevents explosion and shock. Also, low maintenance cost is expected due to its longer life time in comparison with conventional lamps. The LED lamp, however, need some estimates that change of voltage and frequency, vibration, moisture on board to definite accommodation of the LED lamp to shipboard. The purpose of this study is to compare physical properties of a fluorescent lamp with one of the common LED lamp so as to analyze accommodation of common LED lamp on board. This study was carried out in two stages. First, temperature, humidity of illumination, voltage, electric current, frequency and electric power were measured by using experimental equipments. Second, a comparative analysis of consumption electric power, annual oil charge, annual CO₂ emission and lamp life time, etc of the fluorescent lamp and common LED one was made. As a result of the study, the consumption electric power of fluorescent lamp was 50% higher than one of the common LED lamp. As a result of measuring life time, it was found that life time of common LED lamp was more about 3.5 fold than one of the fluorescent lamp. Considering these results, it's thought that common LED lamp is verified that energy saving is possible and using is possible as substitute for fluorescent lamp on board.

Keywords: Common LED (Light Emitting Diode), Fluorescent lamp, Shipboard light, Light environment, Energy saving

*Corresponding author: bada@pknu.ac.kr, Tel:82-51-647-8583, Fax:82-51-647-8583

서 론

최근 에너지 절약과 환경에 관한 중요성이 커짐에 따라 저탄소 녹색성장을 정부의 새로운 비전으로 제시하고 사회 각 분야의 에너지 성능을 향상시키기 위한 다양한 인증제도를 마련하여 고효율 시스템의 사용을 의무화하고 있다. 특히 조명에너지 절감을 위하여 현재 가장 널리 사용되고 있는 형광등 및 백열등의 생산을 규제하고 국내외적으로 활발하게 개발 중인 LED 조명기구로 교체를 장려하고 있는 실정이므로 LED 조명기구는 조명시스템의 변화에 큰 전환점이 될 것으로 예상된다.

선박조명도 육상 조명과 마찬가지로 저탄소 녹색성장이 대두되면서 LED가 접목되고 있다. 전체적으로 선박이 대형화 되고 고명화, 리모델링, 전문화, 고급화를 이루면서 선박이 갖추어야 할 중요한 요건으로 선박의 에너지 효율성이 대두되고 있다. 지정부의 통계를 보면 운송 중에 선박에서 조명이 차지하는 전기 소비량이 10% 정도 차지하는 것으로 보고되고 있다. 이러한 수치는 선박에서 조명이 차지하는 부분이 작아 보일 수도 있으나, 선박에서 조명은 단순하게 별개의 장치가 아닌, 하나의 시스템으로 바라봐야 한다.

육상에서는 조명의 가격이 문제가 될 수 있지만, 선박에서는 가격보다는 효율성과 신뢰성의 측면이 더 강하다. 그렇기 때문에 LED 조명의 신뢰성만 입증된다면 선박에서 LED 조명으로의 교체는 더욱더 활발히 진행될 것이다.

현재 대부분의 선박에는 백열등, 형광등과 같은 유리로 된 전구나 막대 형태의 조명기구가 사용되고 있다. 이들은 높은 소비전력을 가지거나 제한적인 수명에 따른 많은 유지보수비용을 필요로 한다. 또한 외부 재질이 유리로 되어 있어 방수, 방진, 방폭 등의 설계에 큰 어려움을 가지고 있다 (Ji et al., 2008).

이에 따라 본 논문에서는 장수명과 낮은 소비 전력 및 견고한 특성을 가진 육상용 LED 램프를 사용해서 고온, 다습하고 진동 및 주파수와 전압

의 변동이 심한 선박의 환경 (Kim et.al., 2009)에도 같은 성능을 발휘할 수 있는지에 대해 검증하고, 그 결과 일반적으로 사용되고 있는 육상용 LED 램프가 선박에서도 사용가능함을 확인하였다.

장치 및 방법

LED 조명이 차세대 성장 동력 산업으로 급부상하면서 400여개 조명업체에서 LED 제품을 생산하고 있거나 준비 중에 있으나, 현재까지 승인된 선박용 LED 조명등을 생산하는 업체가 없으므로, Table 1과 같이 실험장치를 구성하여 일반적으로 사용되는 육상용 LED 조명등을 선박에 적용하여 그 사용 가능성을 검토해보고 실험적으로 효율, 전력소모량, 쾌적성 등을 비교 평가하여 경제적 효과를 산출해 보았다.

실험을 위해 구입한 LED 형광등은 220V 전용 (실습선에 사용되고 있는 형광등은 모두 110V 전용) 이기 때문에 실험을 위해 실험 전용 등기구를 다음과 같이 제작하고 실험하였다.

① 220V전용 등기구에 안정기를 해체한 후 LED 형광등을 부착하였다.

② 일반 형광등은 LED 형광등과 같은 220V전용 등기구에 부착하였다.

③ 등기구 후판에 플라스틱 판을 제작, 연결하여 이동이 용이하게 하였다.

④ 실습선의 특성을 고려하여 실습선의 앞쪽과 중간 그리고 뒤쪽에 위치한 선수 식품냉동실, 제 2강의실, 탁구장을 실험장소로 정하였다.

⑤ LED 형광등과 일반형광등을 같은 높이의 거의 같은 위치에 부착시키고 1미터 아래에서 측정기구로 실험하였다.

실습선이 운항중이거나 근무시간 중에는 실험장치주위의 빛을 완전히 차단시키는 것이 불가능하여 정박 중 퇴근시간이후에 선내 전원을 육전으로 바꾼 뒤 실험장치주위의 빛을 완전히 차단시킨 후 측정기구로 측정하였다. 보다 정확한 데이터를 얻기 위해 한 곳에서 세 번씩 다른

Table 1. Specification of experimental equipment

LED fluorescent lamp	Maker:LCAS-Tube, 220V 12W 60Hz
Fluorescent lamp	Maker:kumho, 220V FL20SD/18
Power analyzer	Maker:sdchemical, Name:Inspector II AC 100-240V, 50-60Hz, 0.2-3600W, 0-16A
Intensity illumination and Temperature analyzer	Maker:Lutron, Name:LM-8000 10-95 %RH, -100-1300°, 0-2200Lux

날을 택하여 실험하였으며 측정기기의 측정값(온도, 습도, 조도 등)은 값이 계속변하는 관계로 평균값을 기재하였다.

LED의 수명을 추정하기 위해 2개의 가속변수인 온도와 습도에 대하여 온도 · 습도 모델을 적용하였다. 온도가 LED 수명에 미치는 가속시험 모형은 알려진 것이 없지만 온도가 증가하면 수명이 감소한다는 사실은 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 LED의 수명분포를 와이블로 가정하고, 와이블 척도모수(η), 온도 (T), 습도 (RH) 사이의 관계식 (Lee et al., 2008)을 다음 식 (1)과 같은 온도 · 습도 모델로 가정하였다.

$$\eta(T, RH) = Ae^{((\Phi RH)^a + (b/T))} \quad (1)$$

와이블 분포와 식 (1)의 수명-스트레스 관계식을 가정하고 소프트웨어 ALTA를 이용하여 가속 수명시험 데이터를 분석한 결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \beta &= 2.8221, A = 7.5356E - 16, \\ b &= 1177.4145, \Phi = 1.0835E + 4 \end{aligned}$$

식 (1)에서 얻은 척도모수를 수명 분포식인 식 (2)에 대입하여 LED의 평균수명을 예측할 수 있다.

$$E(T) = \eta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \quad (2)$$

여기서 감마함수=0.89115는 한국 기계연구원에서 발행한 ‘신뢰성 용어해설서’의 감마함수표에 의해 구했다.

결과 및 고찰

실습선의 구조상 실험공간이 충분하고 선체 진동을 감안하여 선수와 중앙 그리고 선미 세 곳을 선택하여 온도와 습도가 상이한 날을 택하여 일반 형광등과 LED 형광등의 비교실험결과를 Table 2에 나타내었다.

또한 Tabel 2에 나타낸 실험결과와 분석을 Fig 1-3에 나타내었다. Fig. 1은 측정 날짜별 일반 형광등과 LED 형광등의 조도 측정량을 나타내는데 실험장소의 공간 넓이에 따라 조도는 반비례하였고 측정 날짜마다 온도와 습도 그리고 전압 등의 환경 차이가 있었음에도 불구하고 일반 형광등과 LED 형광등의 조도 차이는 약 20Lux 정도로 일정함을 알 수 있었다.

Fig. 2는 소비전력의 측정량을 나타내는데 측정 날짜별 소비전력의 차이는 부두의 공급전압이 불균형하여 일어난 현상으로 판명되었고, 일반 형광등은 정격 소비전력이 18W이지만 자기식 안정기에서 전력소비가 일어나 실제 소비전력이 평균 약 23W로 측정되었고 LED 형광등은 AC 직결식이라 기존 정격 소비전력이 12W인데 실제 소비전력도 평균 13W로 측정되었다.

Fig. 3은 식 (2)에 의해 계산된 LED 형광등의 수명을 측정 날짜별로 나타내었다. 계산된 LED 형광등의 수명은 모든 측정 날짜에서 정격 수명인 30,000시간보다 많게 계산되었으며 특히 온도와 습도가 올라갈수록 평균수명은 단축되었지만 온도보다는 습도에 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.

Table 3은 실험결과에 의해 분석한 일반 형광등과 LED 형광등의 차이점을 나타내었다. 일반 형광등의 대체용으로 실습선에 LED 형광등을 사용한다면 연간 유류비가 약 2천만원 절감되며 CO2배출량도 연간 약 44ton을 줄일 수 있는 것

Table 2. Compare experimentation of conventional lamp and common LED lamp

2009 month/day	Space	Time	Kind	Temper- ature (℃)	Humidity (%RH)	Intensity of illumina- tion (Lux)	Voltage (V)	Electric current (A)	Frequency (Hz)	Electric power (W)
10/12	Table tennis room (6.4 m²)	1820	LED	17.9	64.5	180	213	0.070	60	13.5
		1840	LED	17.9	64.4	183	212	0.066	60	12.9
		1845	Normal	17.9	64.8	163	213	0.276	60	24.0
		1900	Normal	18.0	64.9	165	214	0.276	60	24.3
10/16		1830	LED	17.1	52.2	182	210	0.065	60	13.3
		1845	LED	17.1	52.8	185	212	0.068	60	13.0
		1850	Normal	17.3	51.9	161	211	0.279	60	24.4
		1905	Normal	17.0	52.0	160	214	0.278	60	24.1
10/21		1900	LED	16.9	47.6	179	208	0.067	60	12.7
		1910	LED	16.9	47.5	181	209	0.064	60	12.4
		1920	Normal	17.0	47.4	162	208	0.265	60	23.1
		1930	Normal	16.8	47.9	163	208	0.262	60	23.4
11/5		1845	LED	16.4	65.0	98	204	0.064	60	12.0
		1900	LED	16.5	64.6	95	203	0.061	60	11.3
		1910	Normal	16.3	66.4	72	202	0.254	60	22.0
		1930	Normal	16.4	65.0	74	203	0.255	60	22.1
11/12	No2. lecture room (8.8 m²)	1820	LED	11.0	63.2	97	209	0.064	60	12.1
		1840	LED	11.2	63.7	99	209	0.061	60	11.9
		1845	Normal	11.1	62.8	73	209	0.254	60	22.0
		1855	Normal	11.0	63.3	72	209	0.255	60	22.3
11/20		1830	LED	7.5	41.3	98	206	0.065	60	12.0
		1900	LED	7.3	41.5	95	206	0.061	60	11.8
		1920	Normal	7.3	40.9	72	207	0.259	60	21.7
		1930	Normal	7.3	41.1	74	206	0.263	60	22.1
12/02	Bow refrigerator provision plant room (3.6 m²)	1845	LED	9.6	48.9	203	205	0.064	60	12.8
		1900	LED	9.5	49.2	207	203	0.061	60	13.0
		1930	Normal	9.5	48.7	188	203	0.254	60	21.4
		1940	Normal	9.5	49.0	186	204	0.255	60	21.7
12/7		1900	LED	6.6	29.9	199	204	0.068	60	12.0
		1915	LED	6.5	30.2	202	203	0.063	60	11.3
		1930	Normal	6.7	30.0	190	202	0.255	60	22.1
		1945	Normal	6.5	29.8	187	203	0.255	60	22.1
12/15		1825	LED	3.1	21.1	201	207	0.064	60	12.0
		1840	LED	3.2	21.5	203	206	0.062	60	11.5
		1910	Normal	3.2	21.2	187	207	0.259	60	22.5
		1920	Normal	3.2	21.2	185	207	0.256	60	22.3

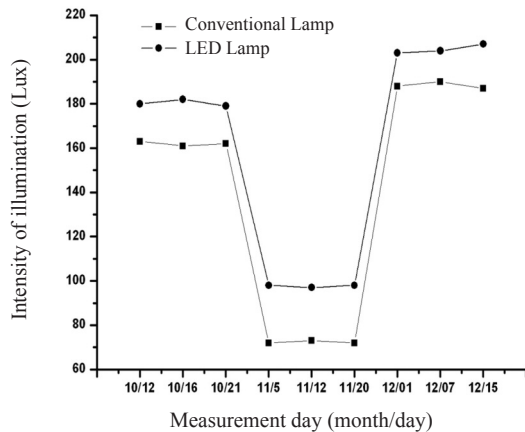
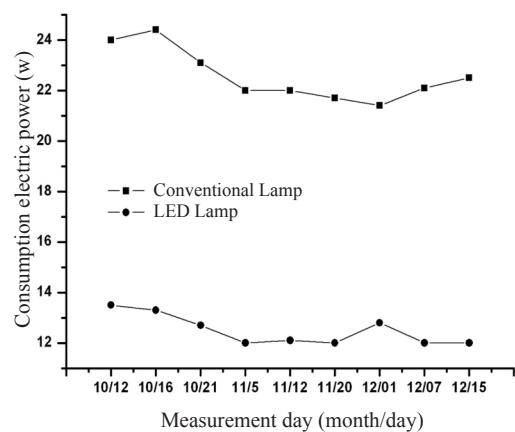
**Fig. 1. Lux by conventional lamp and common LED lamp.****Fig. 2. Consumption electric power by conventional lamp and common LED lamp.**

Table 3. Comparison of conventional lamp and common LED lamp

Type	Fluorescent lamp	LED Fluorescent lamp	LED Fluorescent lamp Advantage
Consumption electric power	23 W	12 W	about 50% reduction
An annual electric charge (total 758pc)	about 8,541,600 ₩	about 4,456,560 ₩	an annual about 4,000,000 ₩ reduction
An annual oil charge	about 42,761,600 ₩	about 22,310,400 ₩	an annual about 20,000,000 ₩ reduction
An annual CO ₂ emission	92 ton	48 ton	an annual about 44 ton CO ₂ emission decrease
Lamp life time (a rated life time)	8,500 hours	30,000 hours	about 3.5fold
Lamp life time (the reliability analysis life time)		32,000 – 96,000 hours	약 3.5 – 11.3fold
Lamp life time (data life time)	about 2.5years	about 8 – 28years	
Intensity illumination	70 – 190 (Lux)	90 – 210 (Lux)	more brighting
Color rendition	65	80	
Lighting velocity	about 1 – 2 sec.	Instant lighting	time dely is nothing

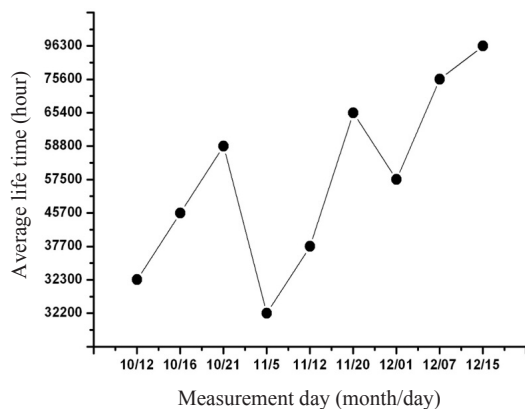


Fig. 3. Average life time of LED lamp.

으로 분석되었다. 그리고 육상용 LED 형광등을 구조변경 없이 AC 직결형으로 실습선에 사용하더라도 온도와 습도에 큰 영향을 받지 않고 정격 수명이상으로 사용가능함을 알 수 있었다.

결 론

본 연구에서는 육상용 LED 형광등을 직접 실

습선에 설치하여 전력소비량, 조도, 온도, 습도 등을 분석하였다. 그 결과 육상용 LED 형광등을 구조변경 없이 AC 직결형으로 실습선에 사용하더라도 온도와 습도에 큰 영향을 받지 않고 정격 수명이상으로 사용가능함을 알 수 있었다. 현재 실습선에서 사용되는 형광등의 주 전원은 110V 이지만 110V와 220V 겸용 LED 형광등이 아직 생산되지 않고 220V 전용 LED 형광등만 생산되고 있으나 수요가 발생하면 생산도 가능한 것으로 생각된다. 본 연구 결과 향후 실습선의 조명 기구를 에너지 효율이 높고 친환경적인 육상용 LED 조명으로 교체가 가능함을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 부경대학교 2010년 업무개선 능력 개발 지원 계획에 의한 업무능력 개발팀 (녹색 속으로)의 지원금으로 수행되었습니다.

참고문헌

Schubert, E.F., 2003. Light-emitting diodes. Cambridge

- University Press, 26 – 46.
- Han, J.H., 2009. Considering about lighting for concrete main structure using LED. Korean Institute of Navigation and Port Research Conference, 538 – 539.
- Jang, W.J., J.S. Hwang, S.K. Hong, S.W. Hong and B.M. Jung, 2006. Highly effective lighting technologies. Agin, pp. 21.
- Ji, H.K., S.K. Choi, S.J. Kim, S.J. Park and G.S. Kil, 2008. A study on the application of high brightness LED to shipboard light. The Korean Society of Marine Engineering Joint Symposium, 93 – 94.
- Kim, M.S., H.O. Shin, M.S. Kim and J.S. Han, 2009. Boarding environment of training ship KAYA for the hull vibration. J. Kor. Soc. Fish., 45 (1), 46 – 55.
- Lee, M.H., S.J. Shin and K.D. Kwack, 2008. Lifetime estimation of high power white LED for lighting use. The Korean society of Mechanical Engineers Autumn Conference, 1343 – 1348.
-
- 2010년 10월 15일 접수
2010년 11월 10일 1차 수정
2010년 11월 10일 수리