

LED(Light Emitting Diode)를 이용한 수중보용 경관조명등 개발에 관한 연구

(The Study for Development of Landscape Lighting Lamp using LED for Underwater Dam)

김중현* · 박혜리 · 박원주 · 이광식**

(Jong-Hyun Kim · He-Rie Park · Won-Zoo Park · Kwang-Sik Lee)

요 약

본 연구는 최근 친수공간 확대로 수중보의 경관조명 수요가 급격히 늘어나고 있으나 현재 사용하는 수중보 조명등의 안전성과 연출효과가 떨어지는 등 문제점이 발생되므로 수중보 조명등을 개선하기 위해 안전성, 에너지 절감, 연출에 대한 유연성에 주안점을 두고 실태조사를 통한 문제점을 도출 분석하여 수중보 조명등을 LED몰드 수중등으로 개발하였다.

본 연구의 결과물을 실용화함으로써 수중보 조명은 댐, 분수, 수영장 등 수변공간에 다양하게 확대 적용 가능할 것으로 사료된다.

Abstract

Recently, the demand of landscape lighting for underwater dam is rapidly increased by expansion of hydrophilic space.

But it occurred the problems such as weakness of safety and display effect of underwater dam lighting lamp currently in use.

Therefore, for solving these problems and improving underwater dam lighting lamp, this paper is focused on safety, energy saving, display flexibility of underwater dam lighting lamp and analyzed the related deriving problems by research on the actual condition. As a result, it presents a developed LED mold type underwater light instead of underwater dam lighting lamp.

By the results of this research, it is considered that practical use of underwater dam lighting is very useful in waterside space for dams, water fountain, swimming pool, and etc. Moreover, it can be extended/applied in various ways.

Key Words : LED, Underwater Dam Lighting, Landscape Lighting

* 주저자 : 영남대학교 대학원 전기공학과 박사과정

** 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수

Tel : 053-810-3953, Fax : 053-810-4767, E-mail : kslee@yu.ac.kr

접수일자 : 2009년 4월 22일, 1차심사 : 2009년 5월 14일, 2차심사 : 2009년 9월 3일, 3차심사 : 2009년 10월 5일,

심사완료 : 2009년 11월 16일

1. 서 론

도시경관 개선 및 하천정비사업과 함께 4대강 사업 일환으로 관광 인프라 구축과 야간 볼거리 창출 등 경관개선용으로 수중 조명등 설치가 확대되고 있다.

수중 조명등은 수변공간 하천, 수영장, 분수 등 널리 사용되고 있으며 물에서 또는 물과 접촉하는 등기구로 수영장 기타 이와 유사한 장소에 사용하는 조명등 등의 전기시설로서 특히 인축의 감전사고를 예방할 수 있도록 관련 기준에 따라 시설을 준수하도록 되어 있으나 대부분이 이를 준수하지 않아 전기안전사고가 크게 우려되는 실정이며 또한 수중 조명등이 등기구 내장형으로 되어 있어 장시간 사용 시 결로현상으로 인한 전기누전으로 소손과 안전사고 우려가 대두되고 있다.

따라서 기존 등기구내장형의 문제점을 해결하기 위하여 LED를 이용한 몰드 수중등을 연구 개발코자 한다.

2. 수중 조명등의 실태조사를 통한 문제점 도출

수중 조명등 설계에 앞서 실태조사를 통한 수중 조명등의 문제점을 파악하여 설명하기로 한다.

현재 수중보 조명등으로 등기구내장형(할로젠 230[V], 500[W])을 주로 사용하고 있다.

최근 친수공간 확대로 수중보의 경관조명 수요가 급격히 늘어나고 있으나 현재 사용하고 있는 등기구내장형 수중 조명등은 결로현상과 연출효과가 떨어지는 등 다음과 같은 문제점이 발생되고 있다.

2.1 기준 및 법령에 따른 문제점

전기설비기술기준의 판단기준(산업자원부 공고 제 2009-6호)에 의하면 수중 조명등에 전기를 공급하기 위해서는 1차측 전로의 사용전압 400[V] 미만 및 2차측 전로의 사용전압 150[V] 이하인 절연변압기를 사용하도록 되어 있으나 거의 이를 준수하지 않고 있으며, 또한 한국산업규격(KS C IEC 60598-2-18)의 등

기구-제2-18부에 수영장용 및 이와 유사한 등기구 개별 요구 사항에 의하면 기구는 감전에 대한 보호 정도에 따르면 제3종이며, 12[V]를 넘지 않는 전압으로 동작하는 외부 그리고 내부 회로를 가지고 있도록 되어 있거나 이를 준수하는 것은 거의 없으며 대부분이 220[V]로 사용하고 있다.

시설의 대부분이 관련기준과 규격을 준수하지 않아 전기안전사고가 크게 우려되는 실증이다[1-3].

2.2 시설 및 유지관리운영에 따른 문제점

현재 수중보 조명등으로 등기구내장형(할로젠 230[V], 500[W])을 주로 사용하고 있어 등기구가 내외부 온도차로 인한 결로현상 발생으로 누전사고 등 램프 소손사고가 빈번히 발생되고 있으며, 자체 조명등으로는 칼라 연출이 불가능하므로 칼라 연출시 별도의 필터 등 부대장치가 필요하고, 등기구(D220×W200×H210)가 커서 구조물 등의 공사비가 과다하게 소요되며, 전력소비도 많다. 또한 할로젠 램프 수명이 약 2,000[hr]이고, LED는 50,000[hr]정도로 할로젠 램프가 수명이 짧아 유지보수비가 많이 소요된다.

2.3 LED Type별 구조와 문제점

LED의 기본구조는 크게 LED Chip 부분과 Chip을 보호해주기 위한 Package 부분으로 나누어지며 이를 응용하여 LED 조명기구를 만든다.

Package는 Chip을 외부로부터 환경적, 기계적, 화학적, 전기적으로 보호해 주는 역할 뿐만 아니라 광 추출 효율 향상, 열 방출 매개체로서의 역할을 담당한다.

Package는 그림 1의 a) Lamp Type, b) SMD (Surface Mount Device) Type, c), d) COB(Chip On Board) Type이 가장 범용으로 사용되고 있으며, 최근까지는 Lamp Type을 가장 많이 사용하였으나 근래에 들어서는 SMD Type, COB Type의 응용과 개발이 활발하게 이루어지고 있다[4].

Lamp Type LED Package는 Round, Oval Type형태로 1[W]급 이하 신호용으로 주로 사용되고, SMD

Type LED Package는 Chip LED, Top View, Side View형태로 소형화, 경량화, 대량 생산 체제를 갖춰 대부분의 업체에서 LED 응용제품에 많이 쓰이고 있으며, COB Type LED Package는 Array 구현, 모듈화, 집적화 형태로 5[W]급 이상 고출력 응용제품을 구성하는데 많이 쓰이고 있다[5-6].

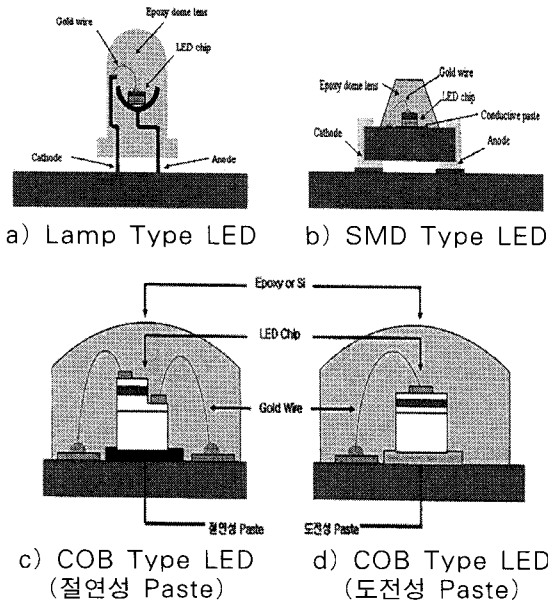


그림 1. LED Type별 구조
Fig. 1. The structure of LED classified by type

SMD Type LED Package를 이용하여 PCB상에 Array 방식으로 LED 조명기구를 만들 수 있으나 그림 2와 같이 PCB와 방열을 해줄 수 있는 Heat Sink와 외부 케이스(Case)를 결합하여 제작하여야 함으로 결론현상으로 인한 완벽한 방수가 불가능하다.

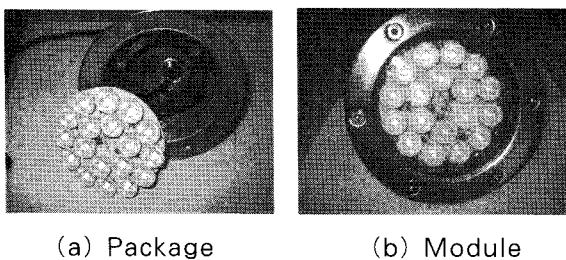


그림 2. SMD Type LED 패키지 모듈
Fig. 2. SMD Type LED Package Module

3. 새로 개발된 LED몰드 수중등의 설계 및 제작

완벽한 방수, 방열, 빛의 균일성 및 조사각도를 고려하여 설계제작하였다.

3.1 LED몰드 수중등의 설계

COB Type LED Package를 이용하여 그림 3과 같이 완벽한 방수가 될 수 있도록 LED Chip Array를 통해 Package하는 형태로 PCB에 회로와 LED Chip을 Array하고, Chip Array된 PCB 기판의 상면에 Poly-carbonate를 소재로 만든 Case를 이용해 전극회로와 LED 소자들을 연결하는 전선 모두를 포함하여 Spacer를 구성하고, Case 상부에 렌즈를 부착하며, Spacer 내부와 렌즈 부위에 빈공간은 에폭시 수지로 충전하여 Spacer의 외측면과 렌즈 및 방열체사이의 빈 공간을 채워 LED 소자, 전극회로 및 전선을 외부로부터 밀폐시킨다.

COB Package를 이용해 Heat Sink를 고정할 수 있는 외부 Case에 부착하도록 설계하였다.

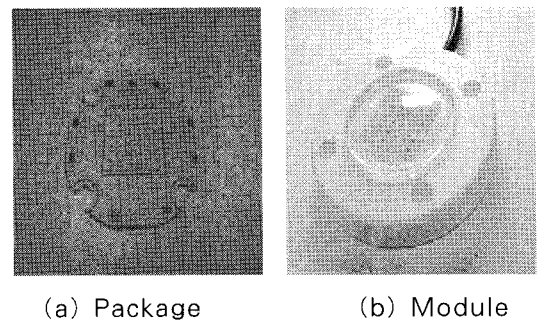


그림 3. COB Type LED 패키지 모듈
Fig. 3. COB Type LED Package Module

3.1.1 방수

COB Type이 Heat Sink가 외부에 존재하는 형태로 구성되어 있어 LED Chip과 렌즈 사이에는 에폭시 수지로 충전시켜 공기층이 존재하지 않도록 하여 투과성 저하 및 결로현상이 발생되지 않도록 하였다.

3.1.2 방 열

Module 밑바닥이 칩을 올려놓은 Metal PCB로 밑면에 바로 기구물을 부착하여 기구물 전체가 Heat Sink 역할을 할 수 있도록 하여 수중에서는 수냉식 구조가 갖추어져 전체적인 Size를 줄이고, 동시에 충분한 방열 효과를 가지고 올 수 있도록 하였다.

3.1.3 빛의 균질성 및 조사각도

LED Chip Array를 통해 작은 면적에 구성시키고, 렌즈는 전체 Package 외부에 부착시켜 R.G.B 연출시 빛이 Package 내부에서 섞여서 연출되어 빛의 균질성이 뛰어나도록 하였으며, 외부 렌즈를 통해 조사각도가 정해짐에 따라 필요한 조사각도의 렌즈선택을 함으로써 다양하게 활용할 수 있다.

본 연구에서는 조사각도 90~150[°] 렌즈로 선정하였다.

3.2 LED 수중등의 제작

3.2.1 LED몰드 수중등의 제원

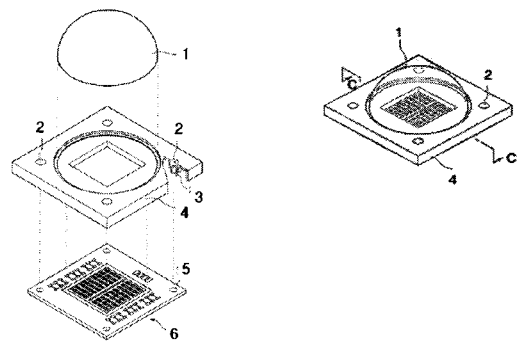
- 1) 램 프 : Power LED DC 24[V], 30[W]
- 2) 등기구 : LED 몰드형
 - Size : Φ85 × H29[mm]
 - LED Type : LED 30[W] + Lens, R · G · B
 - 각 도 : 90~150[°]
 - 재 질 : 에폭시 수지
 - 방수등급 : IPX8

3.2.2 LED몰드 수중등의 제작

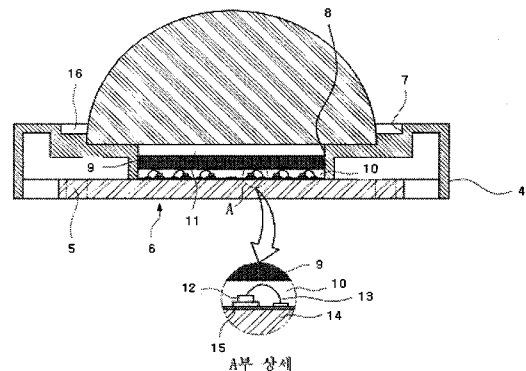
COB Type LED Package Chip Array한 LED몰드 수중등 제작도는 그림 4와 같다.

- 1) 상부에 전극패턴이 형성되어 있는 절연기판과 절연기판의 하부에 일체로 접착되는 방열체로 구성되는 방열기판으로 이루어지고
- 2) Case는 방열기판에 실장 되는 다수의 LED 소자들과 중심부에 상하면을 관통하는 증공부가 형성되고, 저면에 방열기판이 부착되어 LED 소자들이 증공부의 내부에 위치하도록 하고, Case

- 의 상부에 구비되는 렌즈를 포함하여 구성
- 3) 케이스의 재질로는 빛에 대한 반사 성능이 우수하고, 내열·내충격성이 뛰어난 Polycarbonate를 사용
- 4) Case의 상면에는 고정핀의 증공부와 연결되는 나사 삽입구가 형성되어 있는데, 나사 삽입구를 통해 LED Module이 부착되는 위치에 나사를 체결함으로써 Case를 안정되게 고정
- 5) Case 상면에는 원형의 렌즈 홈이 형성되고, 렌즈



(a) LED Module 조립도 (b) LED Module



(c) C-C' 단면도

- | | |
|--------------|--------------|
| 1 : 렌즈, | 2 : 나사 삽입구, |
| 3 : 고정핀, | 4 : 케이스, |
| 5 : 장착홀, | 6 : 방열기판, |
| 7 : 렌즈 홈, | 8 : 증공부, |
| 9 : 형광막, | 10 : 하부 발광막, |
| 11 : 상부 발광막, | 12 : LED 소자, |
| 13 : 전선, | 14 : 방열체, |
| 15 : 절연기판, | 16 : 평면렌즈 |

그림 4. LED몰드 수중등 제작도
Fig. 4. The manufacture drawing of LED mold underwater lamp

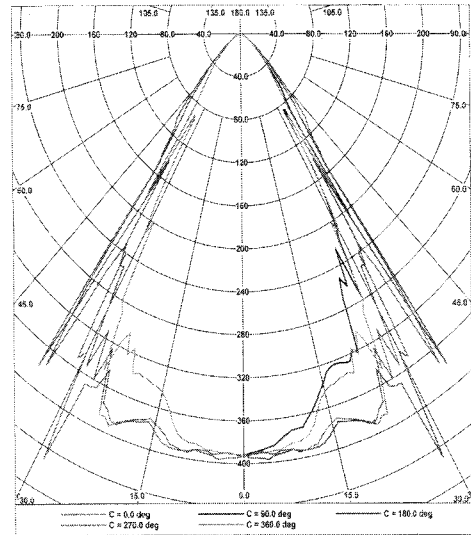
- 는 렌즈 홈에 안착됨
- 6) 방열기판은 네 개의 장착 홀이 형성되고 케이스는 저면부에 방열기판의 장착 홀에 대응하는 위치를 따라 형성되어 장착 홀에 고정
 - 7) Case와 기판의 중공부는 사각기둥의 형태를 가지고 기판의 상부에 구비되어 렌즈의 저면을 지지
 - 8) LED 소자를 전극 패턴 위에 부착
 - 9) 전극 패턴은 직렬 및 병렬 구조가 혼합된 구조의 매트릭스 형태로 형성
 - 10) 중공부 내부에 위치하는 방열기판의 상면에는 투명 재질로 이루어진 하부 발광막과 형광체를 포함하는 형광막 및 투명 재질로 이루어진 상부 발광막이 순차적으로 도포
 - 11) 발광막은 투명 실리콘(Clear Silicon)으로 이루어지며, LED 소자들을 완전히 둘러싸이도록 도포
 - 12) 형광막의 상면과 렌즈의 저면 사이의 공간에 완전히 충전 되도록 형성
 - 13) 케이스 내 측면과 기판의 상면에 의하여 둘러싸인 공간 안에는 전극회로와 LED 소자들을 연결하는 전선 모두를 포함하도록 Spacer 구성
 - 14) Spacer 내부와 렌즈 부위에 빈공간은 예폭시 수지로 충전 하여 Spacer의 외측면과 렌즈 및 방열체 사이의 빈 공간을 채우도록 형성시키고, LED 소자, 전극회로 및 전선을 외부로부터 밀폐시켰다.

4. 성능 평가 및 비교분석

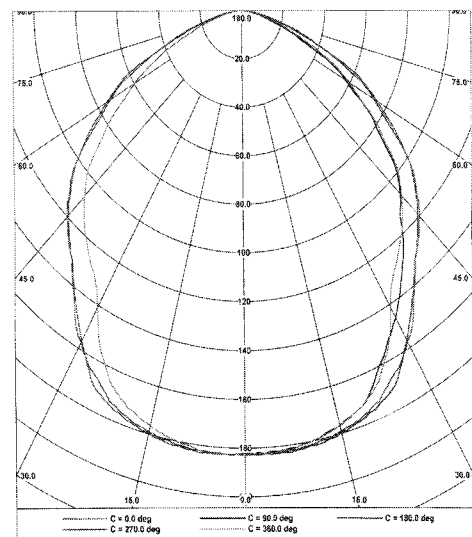
4.1 성능 평가

4.1.1 광학적 평가

COB Type Package LED를 이용하여 제작한 LED 몰드 수중등은 점광원으로 이루어져 LED Chip을 집적화 시켜 하나의 광원처럼 구현할 수 있으며, 이렇게 모아진 빛을 렌즈를 통해서 배광을 다시 구성할 수 있는 장점이 있다.



(a) 블록렌즈



(b) 평면렌즈

그림 5. COB Type Package LED 배광분포 측정결과
Fig. 5. The measuring results of LED distributed light range by COB Type Package

그림 5에서도 볼 수 있듯이 렌즈 Type에 따라서 배광특성이 90~150[°] 다양하게 구현이 가능하다.

그림 5의 (a)는 블록렌즈로 제작된 COB Type Package LED의 배광분포로 배광특성이 90[°]로 나타났고, 그림 5의 (b)는 평면렌즈로 제작된 COB Type Package LED의 배광분포로 배광특성이 120 ~150[°]

로 보여 주고 있다.

수중보의 경우 대부분이 보 높이가 1.5~3[m]정도로 높고 횡으로 배열되므로 좁은 각도의 볼록렌즈 배광(90[°]) 보다 불빛이 넓게 퍼지는 평면렌즈의 배광(120~150[°]) 적합한 것을 알 수 있다.

4.1.2 내구성 평가(방수시험)

LED 몰드수중등(DC 15[V], 30[W])의 방수시험은 IEC 6059 : 2001, KS C IEC 6059-2002 규정에 따라 시험환경 15~35[°C], 25~75[%]RH, 86~106[KPa]에서 실시한 시험결과 표 1과 같이 적합하였다[7].

표 1. 방수시험 결과

Table 1. The results of waterproof test

코드문자	IP	시험조건 및 시험	결과	판정
제2특정수 (위험한 영향을 주는 물의 침투에 대한 보호)	8	1. 시험조건	물침투가 없었음	적합
		1.1 물속에 잠긴 시료의 가장 낮은 지점의 수위 : 400[mm]		
		1.2 물속에 잠긴 시료의 가장 높은 지점의 수위 : 315[mm]		
		1.3 수온과 시험장비의 온도차 (5[K] 이내) : 1.5[K]		
		2. 시험		
		2.1 수조 압력 : 5.0[kg/cm ²] (≒50[m])		

4.2 비교분석

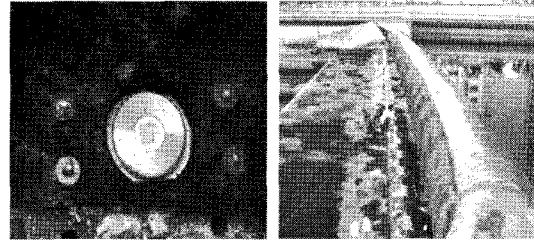
현재 사용하고 있는 등기구내장형과 개발한 LED몰드 수중등의 소비전력, 전기안전도, 시설비 및 유지보수비, 연출효과를 비교분석한 결과이다.

“D”광역시의 “S”하천 고무보(H: 1.8[m], L: 44[m])에 LED몰드 수중등 30등을 제작하여 고무보 하단 하상 콘크리트 바닥에 고강도 고무판체 T13[mm]×D30[mm]×L44[m] 『재질 : 에틸렌프로필렌 고무+보강포 2단』를 깔아 1,500[mm] 간격으로 중앙부분에 직경 90[mm]로 뚫어서 LED몰드 수중등을 그림 6의 (a)와 같이 앵커로 고정하고, 물의 낙차에 견딜 수 있도록 고무판체 양쪽면에 500[mm]간격으로 스텐레스 앵글을 제작하

여 앵커로 고정 설치하였다.

그림 6의 (b)는 시범 설치한 고무보 하단 하상에 LED몰드 수중등을 시공하는 광경이다.

이렇게 시공한 LED몰드 수중등과 “K”군의 “K”하천에 설치된 그림 7의 기존 등기구내장형 수중등과 비교분석 하였다.

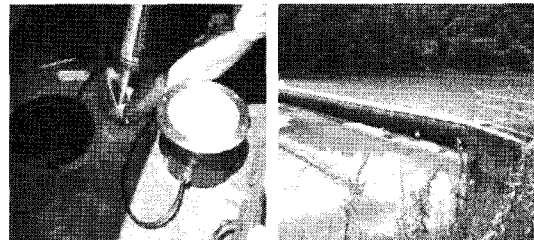


(a) LED 외관

(b) 시공전경

그림 6. 수중보의 LED몰드 수중등 시공사진

Fig. 6. LED mold type underwater lamp in rubber dam



(a) 할로겐등 외관

(b) 시공전경

그림 7. “K”하천의 수중등(할로겐 500[W]) 시공 사진

Fig. 7. Underwater lamp for fountain in “K” river (Halogen 500(W))

4.2.1 소비전력 비교분석 결과

기존 수중등(할로겐 500[W]×30등) 점등시 소비전력은 15[kW]가 소모되며, 개발된 LED몰드 수중등(30[W]×30등)은 점등시 0.9[kW] 전력이 소비됨으로 기존 수중등에 비해 LED몰드 수중등은 약 6[%]에 불과하다.

4.2.2 전기안전도 비교분석 결과

기존 수중등은 교류전압 220[V] 사용으로 절연변압기를 시설하도록 되어 있으나 대부분이 전기시설기준에 부적합하게 시설되어 있으며, 개발된 LED몰드 수

중등은 직류 저전압인 24[V] 사용으로 기존 수중등에 비해 누전으로 인한 안전사고 발생율이 극히 낮을 것으로 예상된다.

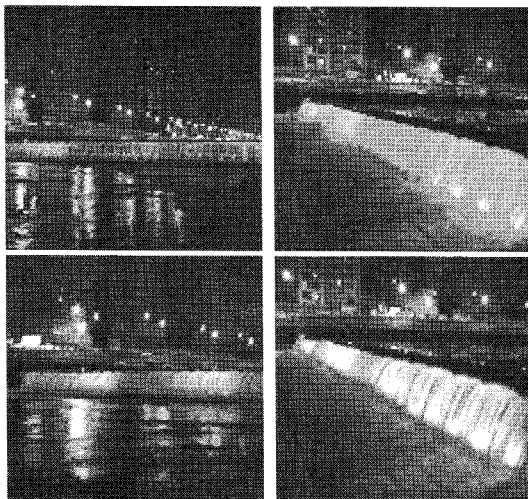
4.2.3 시설비 및 유지보수비 비교분석 결과

초기 자재비는 기존 수중등의 램프 가격은 저렴하나 등기구 가격이 고가인 반면에 개발된 LED몰드 수중등의 램프 가격은 고가이나 등기구가 별도로 필요 없어 가격을 비교해 보면 거의 비슷하다. 설치비 또한 기존 수중등은 등기구가 커서 많이 소요되고, 개발된 LED몰드 수중등은 콤팩트(Compact)하여 적게 소요되며, 설치도 훨씬 용이하다.

유지관리비는 기존 수중등은 수명이 짧고, 등기구 내외부 온도차로 인한 결로현상으로 누전사고가 빈번하여 램프 소손이 잦아 유지보수비가 많이 소요될 것으로 판단된다.

4.2.4 야간경관조명 연출효과 분석 결과

LED몰드 수중등은 다양한 칼라 연출과 이벤트 등 연출의 유연성이 뛰어나 수변공간에 볼거리가 극대화가 예상된다.



(a) 정면모습

(b) 측면모습

그림 8. 개선된 LED몰드 수중등을 고무보에 적용한 경관조명

Fig. 8. Improved LED mold type underwater lamp applied in Landscape lighting in rubber dam

분석결과와 같이 “K”군의 “K”하천에 설치된 고무보의 수중등이 등기구 내부결로현상으로 인한 누전 및 칼라 조명연출의 어려움과 과대한 전력소비 등의 문제점이 발생되었다. 이를 개선한 LED몰드 수중등은 저전압 에폭시 몰드 일체형으로 결로현상을 방지하였고, 전력소모도 적으며, 또한 그림 8의 개발된 LED몰드 수중등을 고무보에 적용한 경관조명과 같이 칼라(R·G·B) 경관연출로 시민들과 방문객에게 다양한 볼거리를 제공하여 관광명소화 되어 관광수익 증대에 크게 기여할 것으로 기대된다.

5. 결 론

본 연구는 최근 친수공간 확대로 수중보의 경관조명 수요가 급격히 늘어나고 있으나 현재 사용하는 수중보 조명등의 안전성과 연출효과가 떨어지는 등 문제점이 발생됨으로 수중보 조명등을 대상으로 실태조사와 개선을 위한 실증연구를 실시한바 그 개선방안은 다음과 같다.

등기구내장형 수중등의 문제점은

- 단색 광원으로 연출에 한계(칼라연출시 별도 필터 장치 필요)가 있다.
- AC 220[V] 사용으로 감전으로 인한 안전사고 우려되며
- 전력소비가 많다.
- 자재비는 거의 같으나 등기구가 커서 공사비가 많이 소요되고, 기존시설에 설치 시 구조물 훼손이 불가피하다.
- 전기안전에 따른 관련법령 및 기준 준수가 잘 이루어지지 않아 안전사고가 우려가 있다.

문제를 해결하기 위해 개발한 LED몰드 수중등은 결로현상 방지와 다양한 칼라로 경관조명연출이 용이하고, 저전압(DC 24[V]) 사용으로 누전으로 인한 안전사고방지와 소비전력이 기존에 비해 약 6[%]에 불과하며, 조명등도 콤팩트(Compact)하여 공사비도 저렴하다.

결론적으로 개발한 LED몰드 수중등은 수중보 등 수변공간에 다양하게 확대 적용 가능할 것으로 사료된다.

References

- (1) 산업자원부, “전기설비기술기준의 판단기준”, 산업자원부 공고 제2009-60호, 2009. 2. 25.
- (2) 산업자원부 기술표준원, “등기구-제2-18부 : 수영장용 및 이와 유사한 등기구-개별 요구사항”, 기술표준원 고시 제03-1237호, 2003. 10. 4.
- (3) 산업자원부 기술표준원, “전기용품 안전기준”, 기술표준원 고시 제2000-54호, 2000. 4. 6.
- (4) OSRAM, “High Brightness LED for General Lighting”, 2006.
- (5) E. Fred Schubert, “Light-Emitting Diodes”, Cambridge University Press, 2005.
- (6) 조신현, “발광다이오드의 다중배열 COB에 관한 연구”, 경기대학교 산업정보대학원, 2007.
- (7) 한국산업기술시험원, “LED 조명 시험성적서”, 2009. 1.13.
- (8) 백종협, “에너지 절감형 LED 광원기술”, 한국광기술원, 2007.
- (9) 이광석외 4명, “신천대로 동신지하차도 및 경대교~도청 교간 옹벽등 정비공사 설계용역에 관한연구”, 대구광역시 시설관리공단, 2004.

◇ 저자소개 ◇

김중현 (金鍾賢)

1957년 2월 18일생. 1989년 경일대학교 전기공학과 졸업. 1995년 영남대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 영남대 대학원 전기공학과 박사수료. 본 학회 평의원. 현재 영진전문대학 겸임교수. 대구광역시청 재직.

박혜리 (朴惠利)

1984년 8월 14일생. 2006년 프랑스 쉐르지-뵐뚜아즈대학 전기공학과 졸업. 2007년 영남대 전기공학과 졸업. 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정.

박원주 (朴元柱)

1954년 3월 14일생. 1978년 영남대학교 전자공학과 졸업. 1993년 일본 큐우슈대학 대학원 졸업(박사). 현재 본 학회 편수위원장. 영남대학교 전기공학과 교수.

이광식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 대한전기학회 방전 고전압연구회 간사장 역임. 본 학회 편수위원장. 부회장 역임. 영남대학교 산업대학원 원장역임. 현재 영남대학교 전기공학과 교수. 본 학회 명예회장.