

친수공간 태양광 LED 경관조명 디자인 및 방수성능에 관한 실증연구

Empirical study on solar LED landscape lighting design and waterproof performance for use in waterfront

주 저 자 : 박성환 (Park, Seong Hwan) 부경대학교 BK21마린디자인어링교육연구단 연구교수
chibamoon99@naver.com

<https://doi.org/10.46248/kids.2024.3.578>

접수일 2024. 08. 26. / 심사완료일 2024. 09. 13. / 게재확정일 2024. 09. 19. / 게재일 2024. 09. 30.

Abstract

By applying landscape lighting to tetrapods, a type of sofa block installed to protect coastal facilities and block waves, the solar LED landscape lighting design and tetrapods are designed to secure the value of marine water-friendly space, regional differentiation, and urban identity. The goal was to propose a design to provide convenience in installation and construction, and to test and evaluate the waterproof performance of the waterproof structure design that can protect the product from moisture caused by waves and rain. As a result of the waterproof test and evaluation of the solar LED landscape lighting prototype, it was found that it was satisfactory for protection against the effects of continuous submersion (IPX8).

Keyword

태양광 LED(Solar LED), 경관조명(Landscape Lighting), 테트라포드(Tetrapod), 방수시험(Waterproof Test)

요약

해안가 시설물의 보호와 파랑을 차단하기 위해 설치된 소파블록의 한 형태인 테트라포드에 경관조명을 적용하여 해양 친수공간의 가치와 지역적 차별화 및 도시의 정체성을 확보할 목적으로 태양광 LED 경관조명 디자인과 테트라포드에 설치 및 시공상의 편의성을 제공하기 위한 디자인 제안과 파도와 비로 인한 습기로부터 제품을 보호해 줄 수 있는 방수구조 디자인에 대한 방수 성능에 관한 시험 및 평가를 목표로 하였다. 도심 친수공간에 대한 이론적 고찰을 통해 도심 친수공간의 의미와 친수공간의 기능 및 특징에 관한 문헌조사와 태양광 LED 조명에 대한 전원공급 시스템과 LED 조명을 구성하고 있는 각 부품의 종류와 스펙을 이해하고 경관조명 연구에 필요로 하는 주요 사양을 결정하였다. 이전 디자인 연구에서 진행된 태양광 LED 경관조명 디자인을 바탕으로 편리하고 안정적 접착방식 제안과 방수구조가 적용된 제품설계 및 시작품을 제작하여, 태양광 LED 경관조명 시작품에 대한 방수 시험 및 평가 결과, 연속 침수의 영향에 대한 보호(IPX8) 만족하는 것으로 나타났다. 향후 태양광 LED 조명을 테트라포드에 시공 후, 부착 및 접착 안전성에 관한 연구 활동을 계속해서 수행할 예정이다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구 목적 및 방법

2. 이론적 고찰

- 2-1. 친수공간 경관조명의 이해
- 2-2. 태양광 LED 조명의 이해
- 2-3. 유사 태양광 LED 경관조명 현황분석

3. 태양광 LED 경관조명 디자인 및 설계

- 3-1. 태양광 LED 경관조명 디자인 제안

- 3-2. 태양광 LED 경관조명 제품설계

4. 시작품 제작 및 방수시험

- 4-1. 태양광 LED 경관조명 제작
- 4-2. 태양광 LED 경관조명 방수시험
- 4-3. 태양광 LED 경관조명 방수시험 결과

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구 배경

야간경관조명은 밤을 아름답게 연출함으로써 도시의 가치를 높이고 도시 경쟁력을 확보하며 도시 환경 개선을 통하여 도시의 정체성을 확립할 수 있는 중요한 역할을 하고 있다.¹⁾ 또한 낮에 볼 수 없었던 경관을 빛으로 새롭고 아름답게 야간경관을 형성하여 공간을 활용한 다채로운 경험을 제공하는 도심에서 있어 없어서는 안 될 중요한 요소이다.²⁾

최근 도심 친수공간을 중심으로 도시기반시설, 교량, 녹지 중심의 공원, 건축물 등에 다양하게 야간경관조명이 사용되고 있다. 특히, 관광과 문화를 선도하며, 도시의 정체성을 나타내고 있으며, 도시 공간 형태와의 관계 속에서 조화를 이루며 새로운 의미를 부여하기 위하여, 해안 시설물의 보호와 파랑을 차단하기 위해 설치한 소파블록의 한 종류인 테트라포드를 활용하여 방파제 추락사고 예방과 친수공간 경관조명의 역할을 동시에 가지는 태양광 LED 경관조명 디자인 개발을 수행하였다.³⁾

따라서 본 연구에서는 도심 친수공간의 해안가 시설물의 보호와 파랑을 차단하기 위해 설치된 소파블록의 한 형태인 테트라포드에 태양광 LED 경관조명을 적용하여 기존의 도심 친수공간의 새로운 가치를 높일 수 있는 요소로 디자인 제안한 태양광 LED 경관조명을 테트라포드에 설치 및 시공이 용이한 디자인 제안과 파도와 비와 같은 수분 침투를 방지할 수 있는 방수구조 제안과 방수 성능 평가를 수행하였다.

1-2. 연구 목적 및 방법

본 연구는 해안가 시설물의 보호와 파랑을 차단하기 위해 설치된 소파블록의 한 형태인 테트라포드를 활용하여 경관조명의 역할을 통한, 도심 친수공간의 가치와 지역적 차별화 및 도시의 정체성을 확보할 목적으로 테트라포드에 설치 및 시공상의 편의성을 제공하기 위한

- 1) 박주영, 친환경 야간경관조명에 있어서 LED 조명 설계 프로세스에 관한 연구, 단국대학교 석사학위논문, 2010, p.01.
- 2) 서영상, 수변공간의 경관조명 디자인 기본계획에 관한 연구, 건국대학교 석사학위논문, 2021, p.01.
- 3) 박성환, 조정형, 해양 친수공간 활성화를 위한 테트라포드 부착형 태양광 LED 경관조명 디자인 연구, 한국디자인리서치, 2023, Vol.8 No.4, p.626.

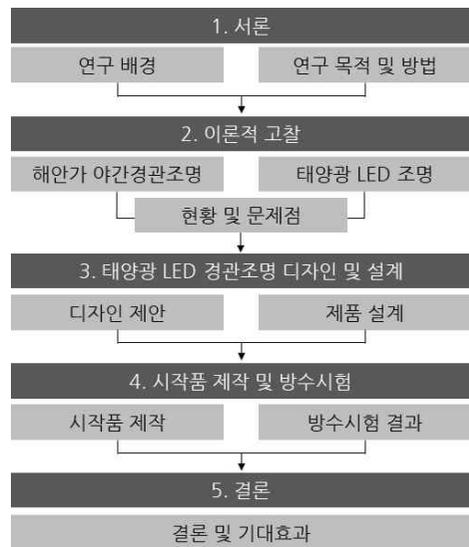
디자인 제안과 파도와 비로 인한 습기로부터 제품을 보호해 줄 수 있는 방수구조 디자인에 대한 방수 성능에 관한 시험 및 평가를 목표로, 첫째 도심 친수공간에 대한 이론적 고찰을 통해 도심 친수공간의 의미와 친수공간의 기능 및 특징에 관한 문헌조사를 수행한다.

둘째 태양광 LED 경관조명에 대한 전원공급 시스템과 LED 조명을 구성하고 있는 각 부품의 종류와 스펙을 이해하고 경관조명 연구에 필요로 하는 주요 사양을 결정하고 기존 제품을 테트라포드에 적용하기 어려운 문제점을 분석하여 새로운 디자인에 반영한다.

셋째 테트라포드에 적용하기 용이한 형태를 제안하기 위해 슬림한 디자인을 제안하고 파도와 빗물 등 수분으로부터 완전한 보호를 위한 방수구조가 적용된 제품을 설계한다.

넷째 태양광 LED 경관조명 시작품을 제작하고 수변 및 해안가 사용 시 우수한 방수 기능 보유의 유무를 확인하기 위한 방수 시험 및 평가를 수행한다.

끝으로 해안가 테트라포드 활용 감성적 야간경관조명 개발을 위한 슬림형 태양광 LED 경관조명의 디자인 제안과 방수구조 시험평가에 관한 연구를 요약, 정리하여 결론을 도출한다.



[그림 1] 디자인 연구 프로세스

2. 이론적 고찰

2-1. 친수공간 경관조명의 이해

경관조명은 '빛'에 의한 경관 형성에 주안점을 두고, 도시를 구성하는 다양한 빛의 관계성을 체계화하여 쾌적한 빛 환경을 창조하는 것을 말한다.⁴⁾ 즉 도시경관이라는 관점에서 빛이라는 소재를 사용하여, 도시전체를 종합적이고 계획적으로 디자인함으로써 보다 매력적이며 안전한 도시의 모습을 실현하고자 하는 목적으로 도입되었다.⁵⁾

특히, 도심과 근접한 친수공간은 다양한 유형의 공간을 제시하면서 관광과 문화를 선도하며, 도시의 정체성을 나타내고 있으며, 도시공간 속에서 물은 그 존재 자체의 의미를 표현하기도 하고, 도시 공간 형태와의 관계 속에서 조화를 이루며 새로운 의미를 발생시키는 등 다양한 모습으로 나타날 수 있다.⁶⁾

현대사회의 도시구조는 인간중심적 사고를 바탕으로 인간을 둘러싼 환경과의 관계를 중시하며, 친수공간을 적극 활용한 친환경 생태도시 개발과 산업화로 오염된 구도심 수변공간의 수질개선으로 생태계를 되살리고 수변 환경을 개선하여, 안전하고 쾌적한 도시의 휴식 공간이자 소통의 공간으로 부활시키기 위한 개발 사업이 세계적으로 이루어지고 있다.⁷⁾

2-1-1. 친수공간의 기능 및 특징

도심 친수공간은 육역과 수역이 합쳐진 대상 공간이라는 지리적 측면과 환경적 측면에 의하여 다양한 방법의 차원에서 나타나는 고유한 기능 및 특징을 지니고 있다.

첫 번째, 친수공간은 개방성을 지닌 공간으로 현대인들의 정신적 만족 기능 등의 환경 형성기능을 충족시킬 뿐 아니라, 가시권이 확보된 조망점을 부여함으로써 물리적인 개방성을 제공하는 성격을 지닌 공간이다.

두 번째, 위락휴양지로서의 공간으로 레크리에이션, 레저 활동 등의 여가, 휴식 기능을 가진 곳으로써 현대

인들의 정서와 삶의 질을 충족시켜 주는 공간이자 현대 의식을 고취할 수 있는 경주 공간으로도 활용된다.

세 번째, 쾌적성을 가진 공간으로 정숙하고 아름다운 개방된 자연경관을 지니고 있어 현대인들에게 육체적으로 지친 몸과 마음을 정신적으로 치유할 수 있는 쾌적함을 제공할 수 있는 공간이다.

이와 같은 특징의 친수공간은 현대의 지식 중심의 3차 산업화 과정에서 쾌적하고 새롭게 열린 스페이스가 제공되는 공간으로 변화를 시도하고 있으며, 세계에 도시를 홍보하는 일환으로 도시의 새로운 브랜드를 창조하여 경제 발전 및 관광문화를 선도 및 활성화하는 기능적 역할을 한다.⁸⁾

2-1-2. 친수공간 경관조명의 연출 요소

친수공간 경관조명 연출 요소는 일반적인 경관조명 연출 요소와 항목 상에서는 크게 차이가 나지 않으나 물과 빛의 상호작용을 활용한 빛의 표현이라는 점에서 차이점이 있으며 수변공간에서 도출되는 빛의 표현 특성을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 수변을 중심으로 한 개방된 공간감과 수변의 연속성의 표현이다. 자연적이고 수평적인 주변 환경을 배경으로 대규모의 개방적인 공간을 형성하고, 빛의 연출은 수변의 선형과 파노라마를 조화로운 빛과 리듬감 있는 연출로 공간의 구조를 드러내고 수변공간에 심미성, 연계성, 접근성을 부여한다.

둘째, 물과 빛의 투영성에 의한 반사효과의 표현이다. 일반적인 경관조명 연출과 가장 대조적으로 드러나는 수변공간만의 연출 특성으로 연계성, 심미성, 정체성의 시각적 요소에 공통적으로 적용되어지는 빛의 표현 특성이다.

셋째, 물과 빛의 체험요소를 활용한 빛의 표현이다. 활동적 요소에 주로 나타나며 빛과 물을 활용한 체험 요소와 빛축제와 같은 프로그램으로 적용되는데 최근에 더욱 주목받고 있는 빛의 표현이라 할 수 있다.

넷째, 친수공간으로서의 친환경성을 고려한 빛의 표현이다. 기능적 요소에서 나타나는 빛의 요소로 물에 의한 반사는 불쾌 글레어를 초래하기도 하고 수변의 생태계에 영향을 주기도 하므로 친환경적 빛의 연출은 심미적 빛의 표현에 앞서 선제적으로 고려해야 할 기본원칙이라 할 수 있다.⁹⁾

4) 손예진, 전주한옥마을을 경관조명디자인 제안에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2014, p.10.

5) 김규진, LED패키지를 내장한 건축물 경관조명 디자인 개발, 경기대학교 산학협력단, 2013, p.110.

6) 오경숙, 장소성이 반영된 수변공간 경관조명에 관한 연구, 홍익대학교 석사학위논문, 2014, p.17.

7) Ibid., p.18.

8) Ibid., p.20.

2-2. 태양광 LED 조명의 이해

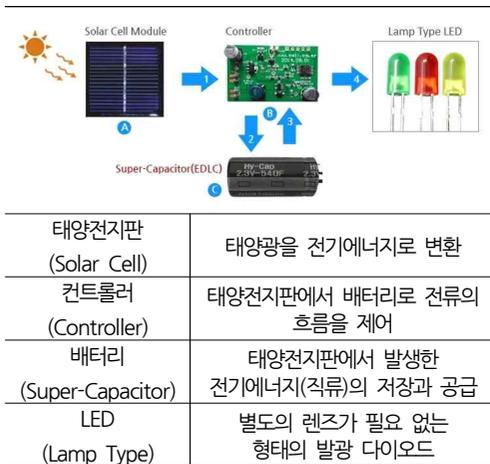
2-2-1. 태양광 LED 전원공급 시스템

태양광 전원공급 시스템은 태양광 발전을 연계형과 독립형으로 주로 구분한다. 독립형의 경우는 등대, 가로등, 인공위성 등에 주로 적용되는데 이것은 태양전지 어레이에서 발전된 전력을 충방전 제어장치를 사용하여 축전지에 전력을 저장한 후 필요한 때 직류(DC) 또는 교류(AC) 전기로 사용할 수 있으며, 교류(AC)는 인버터를 통해 변환하여 해당 기기에 공급한다.¹⁰⁾

태양전지는 태양에너지를 전기에너지로 변환하기 위한 중요한 요소로 여러 형태로 제작되고 있다. 태양전지는 기존의 전력선에 구애받지 않고 사용할 수 있어 많은 용량의 전력 공급은 물론 일상에서의 소규모용품에 이르기까지 다양도로 사용이 가능한 장점이 있다.

시중에 판매되고 있는 태양광 전원공급 시스템의 배터리 팩은 비교적 비용이 저렴한 납축전지와 최근 얇고 가벼우며, 성능과 안전성 면에서 뛰어난 리튬 폴리머 전지가 많이 사용되고 있으며, 컨트롤러 모듈과 함께 용도에 따른 사용을 위해 인버터 모듈로 구성되어 있다.¹¹⁾

[표 1] 태양광을 이용한 LED 조명 전원공급 시스템 구성



9) Ibid., p.41-42.

10) 성철용, 태양광과 LED 조명을 이용한 가로수 조명 시스템에 관한 연구, 동명대학교 석사학위논문, 2016, p.6.

11) 안인수, 리튬 폴리머 전자를 이용한 태양광 LED 조명시스템, 한국컴퓨터정보학회지, 2014, Vol.19 No.2, p.110.

2-2-2. LED 조명의 개요

태양에너지를 이용하는 경우 LED 조명은 일반 백열 등이나 형광등과 달리 점등할 때 많은 전기를 필요로 하지 않는다. LED 조명은 일정한 전기만 소모하기 때문에 태양광 모듈을 통해 축전하는 축전지의 부피를 그 양에 맞춰 제작도 가능하다. 또한 태양광 모듈을 통해 얻어지는 직류(DC) 전류를 그대로 사용하기 때문에 백열등이나 형광등을 사용할 때와 같이 교류(AC) 전류로 인버팅 해야 하는 번거로움도 없어 간소화된 태양광 LED 조명을 만들 수 있다.

LED 조명은 저소비 전력으로 비상용 조명등에는 단전 시 사용할 수 있는 충전용 배터리가 주로 내장되어 있다. 낮은 소비형 LED는 충전 시 방전 시간을 형광등 대비 2배 이상 사용이 가능하다. 특히 형광등에 비해 50%, 백열등에 대비해서 17%의 적은 전력을 소비하는 LED 조명은 교체 시 비용도 저렴하여 매우 효율적이다. 이처럼 LED 조명은 백열전구를 능가하는 발광 효율과 수명 연장이 가능하다.¹²⁾

본 연구에서는 소형 태양광 전기 발전 시스템을 적용함으로 0.2W 용량으로 설계된 태양광 패널과 이에 적합하도록 전기 모듈과 전기의 과충전, 과방전의 방지 및 회로 보호기능을 가진 컨트롤러를 구성하였다.

2-3. 유사 태양광 LED 경관조명 현황분석

태양광 LED 경관조명과 유사한 소형 바닥표시 경관조명의 주요 사양과 스펙을 조사 분석하였고, 유사 제품들의 두께가 대부분 59mm로 두꺼운 편으로 테트라포드에 부착하기 어려운 형태로 디자인되어 있어, 보다 슬림한 디자인과 매립방식이 아닌 부착하기 편리한 바닥 면에 대한 새로운 디자인에 대한 필요성을 찾을 수 있었다.

[표 2] 태양광 LED 바닥표시 경관조명 주요 사양

제품 이미지			
제품 크기	ø100*59mm	ø70*59mm	ø92*59mm
IP 등급	IP65	IP65	IP67
태양광 패널	0.2W	0.2W	0.4W

12) Ibid., p.111.

3. 태양광 LED 경관조명 디자인 및 설계

3-1. 태양광 LED 경관조명 디자인 제안

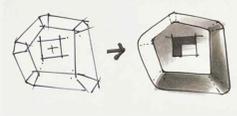
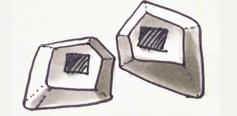
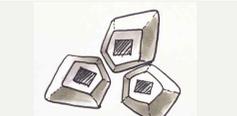
테트라포드를 활용하여 해양 친수공간에 사용할 태양광 LED 경관조명은 해양경관을 해치지 않고 공간과의 조화가 중요한 요소이다. 그리고 태양광 충전이 가능한 패널이 설치되어 있어 충전 효율을 높이기 위한 시각형태의 평단면 구조 적용과 테트라포드 부착 시 이질적이지 않도록 슬림한 형태와 설치 및 시공이 용이한 디자인 제안과 파도와 빗물 등에 직접적으로 노출되어 있는 제품의 특성상 수분의 침투로부터 완전한 보호를 위한 방수구조 적용을 위해서 본체를 투명 캡 타입 개념을 적용하여 방수 등급 8을 만족하는 디자인을 목표로 하며, 구조용 실리콘을 사용해서 테트라포드에 견고하게 부착할 수 있는 바닥면 디자인 제안으로 장시간 사용 가능함과 동시에 해양 경관조명으로써의 역할도 함께 할 수 있도록 하여 지역 경제 및 관광 활성화를 위한 경관연출이 가능한 디자인을 제안하고자 한다.¹³⁾

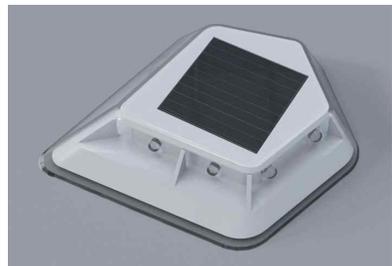
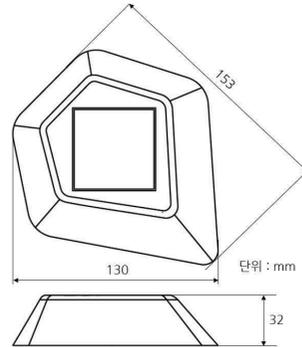
테트라포드에 적용할 친환경적 형태의 태양광 LED 경관조명을 디자인하기 위하여 테트라포드에 붙어서 생활하는 갑각류의 한 종류인 따개비를 디자인 모티브로 사용하였다. 따개비는 바닷가 암초나 말뚝, 배 밑 등에 붙어서 고착생활을 하여 조개 등으로 오해할 수도 있는데, 유생 시절에는 바다 속에서 부유하며 살다가 적당한 장소에 붙어 평생 생활한다. 이러한 특징으로 테트라포드에 견고하게 부착되어 오랫동안 사용할 수 있는 이미지와 무엇보다 사용자에게 친숙한 형태를 제시하여 실제 제품을 디자인할 때 거부감을 줄이고 나아가 테트라포드와의 자연 친화적 형태를 제안할 수 있을 것이다.¹⁴⁾

테트라포드에 붙어 있는 따개비를 디자인 모티브로 사용하여 아래와 같이 감성적 태양광 LED 경관조명 디자인 스케치를 진행하였다. 자연 친화적 형태를 극대화하기 위해서 한 개의 태양광 LED 경관조명을 모듈화하여 경우에 따라 2가지 타입, 또는 3가지 타입, 4가지 타입 등의 자유로운 조합이 가능하게 하여 따개비에서 보여지는 것과 같은 감성적 패턴을 적용할 수 있도록 심플한 5각형 형태로 디자인하였고, 기존 판매되고 있는 유사제품 대비 54% 슬림한 형태의

디자인을 제안하였다.¹⁵⁾ 그리고 테트라포드에는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침」에 따라 경관조명을 설치하기 위한 타공 또는 물리적 가공을 할 수 없기에 따라 구조용 실리콘을 사용하여 접착하기 용이한 가드라인을 적용한 바닥면 디자인을 제안하였다.

[표 3] 태양광 LED 경관조명 디자인 전개 과정

	<p>테트라포드 적용 LED 경관조명과 유사한 형태의 따개비 이미지를 바탕으로 디자인 라인을 추출.</p>
	<p>추출한 5각형의 디자인 라인을 베이스로 태양광 LED 경관조명 케이스를 디자인하였음.</p>
	<p>2가지 타입 태양광 LED 경관조명 케이스 모듈 구성으로 따개비 이미지를 강조하였음.</p>
	<p>3가지 타입 태양광 LED 경관조명 케이스 모듈 구성으로 따개비 이미지를 강조하였음.</p>



[그림 2] 태양광 LED 경관조명 디자인 제안 (전면)

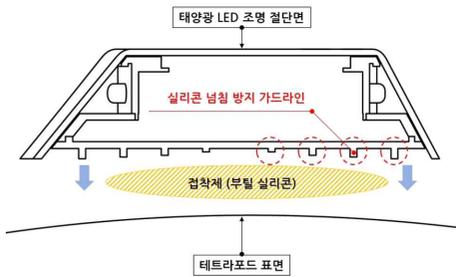
13) 박성환, 조정형, 해양 친수공간 활성화를 위한 테트라포드 부착형 태양광 LED 경관조명 디자인 연구, 한국디자인리서치, 2023, Vol.8 No.4, p.626.

14) Ibid., p.626.

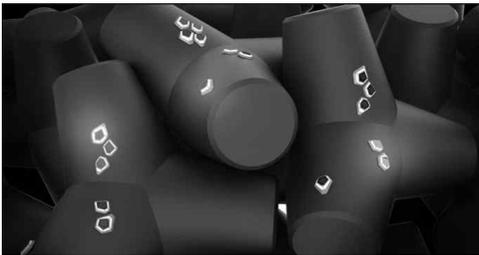
15) Ibid., p.627.



[그림 3] 태양광 LED 경관조명 디자인 제안 (바닥면)



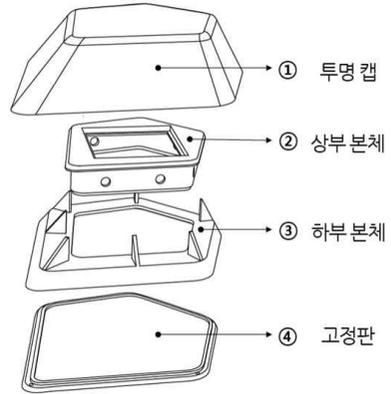
[그림 4] 태양광 LED 경관조명의 테트라포드 설치 개념도



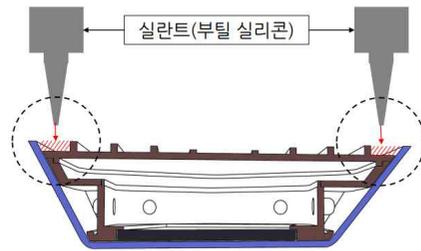
[그림 5] 태양광 LED 경관조명의 테트라포드 설치 이미지

3-2. 태양광 LED 경관조명 제품설계

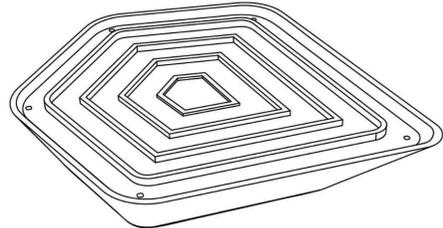
태양광 LED 경관조명은 LED 발광 램프의 회도를 높이고 파도 및 수분의 침투를 막기 위해 제품 전체를 투명 PC 소재를 사용하여 캡 형태로 설계하고 태양광 패널과 LED 발광 램프를 고정하기 위한 상부 본체와 투명 캡과 고정판을 지지하기 위한 하부 본체로 나누어 제품을 설계하였다. 그리고 각각의 구성품을 조립하기 위한 효율적 방식을 적용하기 위하여 태양광 LED 부품 조립 후 고정판으로 닫아주고 동시에 가장자리 틈새 부분을 내수성 기밀성이 우수한 실리콘 형태의 실란트(sealant)를 사용하여 방수 기능을 확보할 수 있는 구조로 설계하였다.



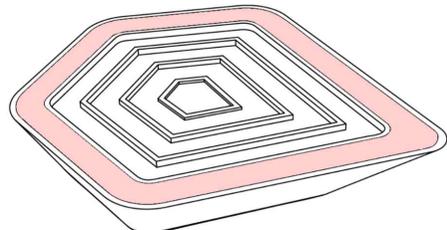
[그림 6] 태양광 LED 경관조명 제품 분해도



[그림 7] 태양광 LED 경관조명 조립 및 방수 개념도



01 : 부틸 실리콘 방수 처리 전 이미지



02 : 부틸 실리콘 방수 처리 후 이미지

[그림 8] 태양광 LED 경관조명 방수 처리 전후 이미지

4. 시작품 제작 및 방수시험

4-1. 태양광 LED 경관조명 시작품 제작

테트라포드에 적용하기 위하여 디자인 개발된 태양광 LED 경관조명의 방수 성능을 시험하기 위해 투명 캡, 상부 & 하부 본체 및 고정판을 CNC 성형하고 도장으로 표면 마감한 시작품을 제작하였다.

제작된 외형 부품을 조립하면서 태양광 LED 주요 부품인 태양광 패널, PCB, 램프형 LED, 배터리 등의 기성 부품을 순차적으로 연결하고 고정판으로 닫아주고 마지막으로 실리콘으로 제품 조립과 동시에 방수 처리를 완성하였다.

[표 4] 태양광 LED 경관조명 주요 부품 사양

	50x50 모노-크리스탈라인 실리콘(3V) 태양광 패널(0.2W)
	태양광 충전 및 낮과 밤의 인식과 LED 밝기 제어 장치 (PCB)
	고휘도 LED 발광 다이오드 램프 (8pcs)
	니켈수소 700mAH / Super Capacitor(배터리)



[그림 9] 태양광 LED 경관조명 조립 (주간 이미지)



[그림 10] 태양광 LED 경관조명 조립 (야간 이미지)

4-2. 태양광 LED 조명 방수시험

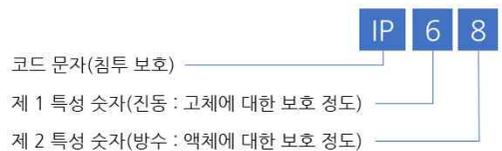
4-2-1. 방수시험 개요

방수시험은 박스보호 등급 (Box Ingress Protection Grade) : IEC 60529(한국 표준은 KS C IEC 60529, 유럽은 EN 60529)에 의해 정의하고 있다. 이 표준은 정격 전압이 72.5 kV를 초과하지 않는 전기 기기 외곽의 방진 보호 및 방수 보호 등급을 분류하고 적용을 목적으로 하고 있으며, 기기 접근에 대한 사람이나 가축을 보호하고, 해충, 진균 및 외부 분진 등의 침투에 대한 내부 기기를 보호하며, 물, 습기, 오일 등의 침투로 인한 내부 기기를 보호하는데 있다.

IEC 60529는 박스(외곽)가 먼지나 물과 같은 요소에 얼마나 잘 견딜 수 있는지 알려주는 등급이고 두 자리 숫자로 구성되어 있다.

등급의 숫자에서 첫 번째 숫자는 고체에 관한 것이고(방진), 두 번째는 액체에 대한 것으로(방수). 등급의 숫자를 통해 박스(외곽)의 성능을 확인할 수 있다.

예를 들어, IP코드는 두 자리로 되어있는데 보호 등급이 'IP68' 이라면, 첫 번째 숫자 6은 고체에 대한 보호 정도, 두 번째 숫자 8은 액체에 대한 보호 정도를 의미한다. 숫자가 높을수록 등급이 높다는 것을 의미하며 각 자리 수의 숫자만으로 비교하여야 한다.



[그림 11] 방진 방수 보호 등급 표시 규정

IP등급은 IP00(보호기능 없음) ~ IP68까지 다양하고, IP54 같은 산업 현장에서 매우 흔한 등급부터 IP67과 같이 매우 성능이 높은 실외 장비에서 확인되는 등급도 있다.

간혹 조건이 IPX6로 표기되는 경우가 있는데, 이는 분진 등급은 상관이 없고, 액체 보호 등급이 6이라는 의미이다.

제2 특성 숫자는 물 침투로 인해 기기에 미치는 해로운 영향에 관한 외곽의 보호 등급을 나타낸다. 제2 특성 숫자에 관한 시험은 깨끗한 물로 실시된다. 표 0에서는 제2 특성 숫자로 표시되는 보호 등급에

대한 간단한 설명과 시험 조건을 나타낸다.

제2 특성 숫자 6까지의 표시는 모든 낮은 특성 숫자에 관한 요구 사항을 만족함을 의미한다. 다만, 낮은 보호 등급에 적합한 것이 명확한 경우에는 낮은 보호 등급 중 어느 것에 일치하는지를 확인할 시험을 반드시 할 필요는 없다.¹⁶⁾

[표 5] 제2 특성 숫자로 표시되는 방수 등급

X1		수직으로 떨어지는 물에 대한 보호
X2		수직으로 떨어지는 물에 대한 보호 (수직 방향 ±15° 기울어져 있을 경우)
X3		분무된 물에 대한 보호 (수직 방향 ±60° 범위, 수압 80 ~ 100 kPa)
X4		모든 방향에서 튀긴 물에 대한 보호 (수압 80 ~ 100 kPa)
X5		모든 방향 낮은 압력 분사에 대한 보호 (수압 30 kPa)
X6		모든 방향 높은 압력 분사에 대한 보호 (수압 100 kPa)
X7		1 m, 30 분 동안 침수에 보호됨 (수압 10 kPa)
X8		제조사 요청 조건에 따름 (단, IPX7 보다 가혹한 조건이어야 함)

[표 6] 방수시험 장비의 종류

장비명	형식(제조사)	교정유효일자
살수 시험기	SWT-800(BOCH)	2024. 11. 30
초시계	HS-3(V)(CASIO)	2024. 06. 13

	
살수 시험기 이미지	초시계 이미지

16) 국가기술표준원, 전기용품안전기준 KC 60529, 외 각에 따른 보호등급 분류(IP등급), p.8.

[표 7] 태양광 LED 조명 방수시험 과정

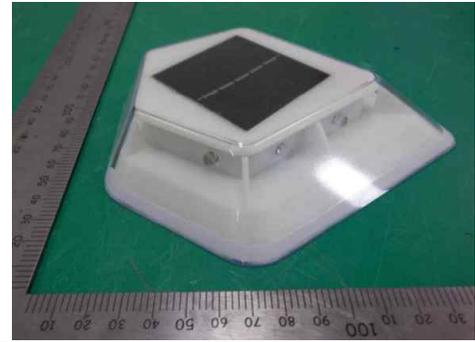


사진 1 : 시료 확인



사진 2 : 시료 고정



사진 3 : 시료 1m 깊이 침수



사진 4 : 침수 시간 측정 (60분)

4-3. 태양광 LED 경관조명 방수시험 결과

부경대학교 산학협력단 해양 ICT융합기술센터에서 보유하고 있는 방수시험 장비를 통해서 IPX7에 규정된 조건보다 엄격한 조건에서 시료의 아래 끝에서 수면까지 1m 높이의 물을 채우고, 60분 동안 연속적 침수 후, 해로운 영향을 일으킬 수 있는 양의 물의 침투 유무를 확인한 결과, 투명 캡 및 본체에 물의 침투는 없었으며 연속 침수의 영향에 대한 보호(IPX8) 만족하는 것으로 나타났다.



사진 1 : 투명 캡 내부 수분 침투 확인(물기 없음)

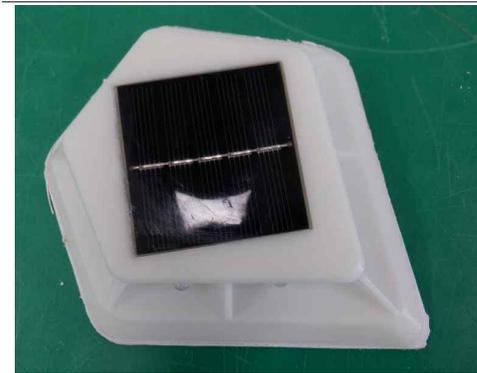


사진 2 : 본체 내부 수분 침투 확인(물기 없음)

[그림 12] 태양광 LED 경관조명 시료 상태 확인

[표 8] 태양광 LED 경관조명 방수시험 결과

시험 항목	시험 결과
연속 침수의 영향에 대한 보호(IPX8) 시험실시	- 물의 침투 없음. - 연속 침수의 영향에 대한 보호(IPX8) 만족함.

5. 결론

본 연구는 방파제 설치를 위해 많이 사용되고 있는 테트라포드에 대한 특수성을 이해하고 수변공간의 장소적 가치를 강조하기 위한 요소를 접목하여 지역적 차별화와 도시의 정체성을 나타낼 수 있도록 테트라포드 부착형 태양광 LED 경관조명 디자인에 대한 가능성과 효율적인 제품의 조립 및 설치 시공을 위한 방법제시와 함께 파도와 수분으로부터 제품을 보호해 줄 수 있는 방수구조의 설계와 시제품 제작을 통하여 방수 성능 시험 및 평가를 수행하였다.

태양광 LED 경관조명의 시제품에 대한 방수 시험 및 평가 결과, 연속 침수의 영향에 대한 최상위 보호 등급인 IPX8을 만족하는 결과를 얻었다. 향후 태양광 LED 경관조명을 테트라포드에 설치 및 시공을 위한 보다 구체적인 연구활동이 필요할 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 안인수, 리튬 폴리머 전지를 이용한 태양광 LED 조명시스템, 한국컴퓨터정보학회지, 2014
2. 박성환, 조정형, 해양 친수공간 활성화를 위한 테트라포드 부착형 태양광 LED 경관조명 디자인 연구, 한국디자인리서치, 2023
3. 박주영, 친환경 야간경관조명에 있어서 LED 조명 설계 프로세스에 관한 연구, 단국대학교 석사학위논문, 2010
4. 서영상, 수변공간의 경관조명 디자인 기본계획에 관한 연구, 건국대학교 석사학위논문, 2021
5. 손예진, 전주한옥마을 경관조명디자인 제안에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2014
6. 김규진, LED패키지를 내장한 건축물 경관조명 디자인 개발, 경기대학교 산학협력단, 2013
7. 오경숙, 장소성이 반영된 수변공간 경관조명에 관한 연구, 홍익대학교 석사학위논문, 2014
8. 성철용, 태양광과 LED 조명을 이용한 가로수 조명 시스템에 관한 연구, 동명대학교 석사학위논문, 2016
9. 국가기술표준원, 전기용품안전기준 KC 60529, 외각에 따른 보호등급 분류(IP등급)