

건강한 야간환경 조성을 위한 목포시 옥외조명의 빛공해 평가

Light Pollution of Outdoor Lighting in Mokpo-si

공 효 주* 이 진 성** 김 정 태***
Kong, Hyo Joo Lee, Jin Seoung Kim, Jeong Tai

Abstract

Nowadays, the lighting of urban nightscape has become important for improvement in city. Lighting the outdoor is different that lighting an interior. Outdoor lighting designs should be designed to minimize glare, light trespass, light clutter and energy conservation to avoid light pollution. Mokpo city launched into a large scale project of the city beautification using outdoor lighting. However, outcomes of outdoor lighting project have faced strong opposition from environmental groups. This study aims to analyze the light pollution of outdoor lighting in Mokpo-si for creating a health night environment. The Radiant Imaging Prometric-1400 was used to measure the luminance of Yudal Mountain, Goha Island and Luminarie Street. The result showed that the all the outdoor lighting produce light pollution and some places like mountain and island did not need a lot of lighting all the time.

Keywords : 빛공해, 휘도, 옥외조명, 국제조명위원회
키워드 : Light Pollution, Luminance, Outdoor Lighting, CIE

1. 서론

글로벌한 국제적 시대를 맞아 ‘도시브랜드’가 지역 경쟁력을 가르는 중요한 변수로 부상하고 있으며, 특히 도시 브랜드 이미지를 높이기 위해 야간경관조명을 활용하는 도시 및 지자체단체들이 점점 증가하고 있다.

그 중 전라남도 목포시는 야간경관을 관광자원화하여 ‘아름다운 빛의 도시’를 브랜드화 하고 있다. 그러나 지자체들의 과도한 야간경관조성 산업은 에너지 낭비, 생태계 교란, 수면장애 자연경관 훼손 등의 환경단체의 반발이 끊이지 않고 있다.

따라서 본 연구는 야간경관조명 사업으로 인해 논란이 되고 있는 목포시를 중심으로 건강한 야간환경 조성을 위한 경관조명의 빛공해를 평가하는 것이 연구 목적이다. 이를 위하여 도시 야간경관조명과 빛공해 기준에 대한 이론적 고찰을 하였으며, 목포시 야간경관조명이 설치된 일등바위, 이등바위, 대학루, 노적봉, 고하도 및 빛의거리를 연구대상으로 선정하였다.

측정은 ProMetric-1400을 이용하여 대상물의 전체 표면휘도 및 주변휘도를 측정하였다. 측정된 값을 바탕으로 CIE E1, E2 휘도 기준과 비교 분석하였으며 IESNA 휘

도 대비 기준을 바탕으로 빛공해 발생 여부 등에 대하여 분석하였다.

2. 도시 야간경관조명과 빛공해 기준

경관조명은 도시공간의 안전과 쾌적함을 보장하며 야간경관의 연출을 통하여 도시의 형태, 기능, 역사, 문화 등을 부각시켜 새로운 볼거리로서 사람들의 시각적 즐거움과 만족감을 부여할 수 있다. 즉, 도시환경을 가꾼다는 큰 개념 속에서 조명의 명시적 기능과 심미적 기능을 동시에 수행하는 조명개념이다.¹⁾

경관조명의 요소로는 안전성, 방향성, 보안성, 진흥성, 주체성, 구경거리로 구분할 수 있다. 안전성은 안전한 활동을 가능하게 하는 조명은 편안함을 창출하며, 방향성은 사람들로 하여금 도시의 레이아웃을 보다 더 잘 읽을 수 있게 해준다. 보안성으로 조명은 강력한 범죄 억제 수단이 되며 진흥성으로 조명은 도시의 상업과 산업, 나아가 도시 전체를 발전, 진흥시키는 효과적인 수단이다. 주체성은 조명대상이 되는 건물의 디자인과 규모, 모두에 걸쳐 정체성을 완성하는 것이며, 구경거리로 도시에 여흥과 즐거움, 여가를 제공한다[표 1].²⁾

* 경희대학교 건축공학과 박사과정 (hjk0905@khu.ac.kr)
** 경희대학교 건축공학과 석사과정 (juno35@hanmail.net)
*** 교신저자, 경희대학교 건축공학과 교수 (jtkim@khu.ac.kr)

1) 김정태, 정유근, “건축조명 디자인”, 경희대학교 출판국, 2005, p.204
2) 나카지마 다쓰오키 외, “조명디자인 입문”, 박필제 역, 예경, 1997

표 1. 경관조명 요소

요소	내용
안전성	안전한 활동을 가능하게 하는 조명은 편안함을 창출
방향성	사람들로 하여금 도시의 레이아웃을 보다 더 잘 읽을 수 있게 해줌
보안성	조명은 강력한 범죄 억제 수단
진흥성	조명은 도시의 상업과 산업, 나아가 도시 전체를 발전, 진흥시키는 효과적인 수단
주체성	조명대상이 되는 건물의 디자인과 규모, 모두에 걸쳐 정체성을 완성
구경거리	도시에 여흥과 즐거움, 여가를 제공

표 2. CIE 환경구역의 분류

지역	주변	환경지역의 밝기	적용
E1	자연	어두운 경관의 지역	국립공원
E2	교외	낮은 휘도분포지역	산업단지, 교외 주거지역
E3	도시	중간정도의 휘도분포지역	산업단지, 주거지역
E4	도심	높은 휘도분포지역	도심지, 상업지역

표 3. 표면 평균휘도의 상한값 (cd/m²)

조명기술 요소	환경구역			
	E1	E2	E3	E4
건물표면의 휘도	0	5	10	25
간판의 휘도	50	400	800	1000

서울시는 야간경관계획서 3가지의 목표를 두고 있다. 첫째 아이덴티티로 야간경관을 통하여 서울만의 개성 있는 경관을 창출하고 도시는 명확한 아이덴티티 유무의 정도로 쉽게 기억되고 이해 되도록 계획하는 것이다. 둘째 아름다움으로 경관조명은 시민의 심미적 요구를 증진시키고, 아름다운 도시경관 창출에 기여하는 것을 목표로 두고 있다. 마지막 안전성으로 도시경관조명은 보행과 소통을 위하여 어두운 공간에 산재하는 위험요소와 장애물로부터 안전한 환경을 제공하는 것을 야간경관계획의 목표로 두고 있다[그림 1].³⁾



그림 1. 서울시 야간경관의 3대 목표

CIE(국제조명위원회)에서는 환경구역의 등급을 4구역으로 분류하고 각 구역의 이용조건에 따라 휘도의 최대값 이하로 설계하도록 권장휘도를 제시하고 있으며, 이 권장 값을 초과하면 빛공해로 인식하고 있다[표2, 3].

또한 조명공학회 (IES)에서는 최소휘도 대 평균휘도비를 최소 1:10으로 기준하고 있으며 이를 초과하면 빛공해로 인식하고 있다.⁴⁾

3. 목포시 야간경관조명 사업

전남 목포시는 2005년부터 관광명소에 야간경관조명을 설치해 관광객에게 새로운 볼거리를 제공한다는 목적으로 ‘빛의 도시’를 계획하였다. 시는 다시 찾고 싶고, 한번 더 보고 싶은 목포를 만들기 위해 유달산, 고하도 등에 조명을 설치해 24시간 이용할 수 있는 관광 명소로 계획하였다.

첫 번째로 실시된 명소는 천혜의 자연경관을 자랑하며 목포의 남산이라 불리는 유달산 일등바위에 야간 경관조명을 설치하였다. 일등바위 경관조명 컨셉은 천상의 빛을 주제로 연출하여 전체적으로 일등바위 형태를 부각시키고 동양화에서 먹의 농담을 주듯 빛의 강약을 조절하여 한 폭의 동양화를 보는 듯한 느낌을 주도록 계획하였다. 일등바위는 2005년 5억 4800만원 예산으로 179개의 야간경관조명을 설치하였다. 조명기구는 투광조명 램프를 사용하였다. 이등바위는 일등바위 남측에 위치한 바위산으로써 2006년 5월, 6억 7100만원 예산으로 167개의 야간경관조명이 설치되었다. 조명기구는 메탈할라이드 단과장 램프를 사용하였다. 학을 기다린다는 뜻의 대학루는 목포 해안가가 한눈에 들어오며 유달산의 5곳의 정자 중의 하나이다. 대학루는 달선각, 관운각을 포함하여 2억 5천만원의 예산으로 야간경관 조명이 설치되었다. 노적봉은 해발 60m 높이의 유달산 입구에 설치되어 있는 암석 봉우리이며 이순신 장군의 호국혼이 깃든 명소이다. 조명기구는 메탈할라이드 단과장 램프를 사용하였으며 시민의 종각, 유선각을 포함하여 총 2억 5천만원의 예산으로 야간경관 조명이 설치되었다⁵⁾.

고하도는 목포시내에서 남서쪽으로 약 2km쯤 떨어진 곳에 작은 섬으로 면적은 1.78km²이며 해안선 길이는 10.7km이다. 조명기구는 LED 램프를 사용하였으며 2005

3) 디자인서울 총괄본부홈페이지

(<http://design.seoul.go.kr>, 검색일: 2009년 11월 20일)

4) IES, RP-33-99; Lighting for Exterior Environments, 2008. p.4

5) 김현수, 신목포지리시 국제 해양·관광 중심도시 발돋움, 아시아경제, 2009.02.18

표 4. 목포시 야간경관조명 설치 개요

항목	일등바위	이등바위	대학루	노적봉	고하도	빛의거리
주간사진						
야간사진						
조명기구	메탈할라이드 단파장	메탈할라이드 단파장	메탈할라이드 단파장	메탈할라이드 단파장	LED	LED
설치년도	2005년	2006년	2006년	2006년	2005년	1차: 2006년 2차: 2009년
예산	5억4800만원	6억 7100만원	2억 5천만원 (달선각, 관운각 포함)	2억 5천만원	14억 8천만원	1차: 6억원 2차: 13억 5천만원

년부터 2008년 까지 14억 8천 만원의 예산으로 야간경관 조명을 설치하였다⁶⁾. 또한 현재는 야간경관조명 설치로 인해 고압케이블이 그대로 노출되어 있고 500m 정도의 산림이 훼손되는 등 위험천만한 자연파괴 현상으로 방치되어 있다.

목포시 야간경관조명의 빛공해를 평가하기 위하여 현재 운영 중이며 대표적인 목포시 야간경관조명인 유달산의 일등바위, 이등바위, 대학루, 노적봉과 고하도 용머리, 빛의거리를 선정하였다. 각 측정 대상지의 위치는 그림 2와 같다.

4. 야간경관조명 휘도 측정 및 분석방법

목포시 야간경관조명 환경에 대한 측정은 2008년 8월 29일(토) 총 2회에 걸쳐 실시하였다. 1차 측정은 14시부터 15시까지 측정점 선정 및 주간 사진 촬영을 하였다. 2차 측정은 ProMetric-1400을 이용하여 유달산권, 고하도, 빛의거리에 대한 휘도를 측정하였다. 일등바위 및 이등바위의 측정은 바위 전면이 모두 보이는 지점인 유달산 주변 2.7km의 일주도로면에서 측정하였다.



그림 2. 측정 대상지역 위치도

목포시 목포극장 앞 400m 구간과, 보해상가 앞 250m 구간에 설치된 루미나리에는 6가지 디자인 타입과 LED 1W의 조명기구가 설치되어 있다. 이 거리를 빛의거리로 불리우며 거리 주변은 상업지역으로 구성되어 있다. 빛의거리는 2006년 6억원의 예산으로 최초 점등되었으나 2008년 안전 문제가 있어 철거된 후 2009년 3월, 13억 5천만원 예산으로 재설치 되었다⁷⁾.



그림 3. 측정대상 측정점

6) 김현수, 신목포지리지 국제 해양·관광 중심도시 발돋움, 아시아 경제, 2009.02.18
7) 나영석, 배명제, 너도나도 경관 조명 설치... 반환경적 도시 흉물 전략, 매일경제, 2009.10.05

유달산권 및 고하도의 측정점은 조사대상을 전체적으로 바라볼 수 있는 지점에서 사람들은 조사대상의 아름다움을 일반적으로 즐기기 때문에 2.7km 떨어진 지점에서 측정하였다.

대학루 측정은 5m 떨어진 지점에서 측정하였으며 노적봉 측정은 15m 떨어진 지점에서 측정하였다. 고하도의 측정은 고하도 용머리에 설치된 야간경관조명이 모두 보이는 지점으로 섬으로부터 약 2km 떨어진 해안도로에서 측정하였다.

빛의거리처럼 도로의 양측에 기초를 세우고 도로를 가로지르게 구조물을 연속적으로 설치되어 있어 그 도로 전체가 보이는 점인 무안동교차로에서 측정하였다. 모든 측정점은 지상으로부터 1.5m 위치에서 측정하였다.

본 연구에서 목포시 야간경관조명 측정에 사용한 기기는 ProMetric-1400으로써 이 기기는 미국 Radiant Imaging사의 고감도 CCD 카메라로 한 장의 이미지를 촬영한 뒤 분석프로그램인 ProMetric8을 통해 휘도, 색도 및 색온도 등의 조명 물리량 값을 얻어 낼 수 있다. 또한 면으로 분석할 수 있어 보다 정확한 조명 물리량을 얻을 수 있다[그림 4].



그림 4. 연구대상 측정기기

5. 목포시 야간경관조명의 빛공해 분석

유달산권 및 고하도는 CIE 환경구역의 분류에 의하면 어두운 경관의 지역, 낮은 휘도분포지역으로 E1 및 E2에 해당하며 이 경우 건조물표면은 0cd/m², 5cd/m²로 최대표면휘도로 권장하고 있다. 목포 빛의거리 지역은 CIE 환경구역의 분류에 의하면 높은 휘도분포지역 E4에 해당하며, 이 경우 건물표면은 25cd/m²로 최대표면휘도로 권장하고 있고 있으므로 이 기준을 이용하여 빛공해 발생 여부를 분석하였다.

5.1 유달산권 빛공해 분석

유달산권의 일등바위 휘도를 분석한 결과, 평균 7.2cd/m², 최대 27cd/m²의 휘도 값을 나타냈다. 즉 CIE E2 기준 5cd/m²를 상회하는 것으로 나타났으며 E1 기준에서 볼 때 일등바위 표면에 95% 이상 휘도기준을 만족하지 못하는

것으로 나타났다. 또한 최소휘도는 0.32cd/m²로 나타났다. 일등바위의 평균휘도와 최소휘도의 휘도비를 분석한 결과 1:22로 나타났다. 즉, IESNA 휘도비 기준에 만족하지 못하는 것으로 나타나 빛공해 유발 가능성이 우려된다.

이등바위의 평균휘도는 8.8cd/m², 최대휘도는 60cd/m²로 나타났다. 즉, CIE E2 기준 5cd/m²를 상회하는 것으로 나타났으며 E1 기준에서 볼 때 일등바위와 마찬가지로 표면에 95% 이상 휘도기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 휘도 대비 측면에서 볼 때 최소휘도는 0.35cd/m²로 나타나 1:25의 휘도대비가 나타났다. 이는 보행자, 등산객, 관광객 등에게 눈부심 및 글레어를 유발시킬 가능성이 높은 것으로 나타났다.

표 5. 목포시 야간경관조명의 휘도값 (cd/m²)

대상	평균휘도	최대휘도	최소휘도
일등바위	7.20	27.00	0.32
이등바위	8.80	60.00	0.35
대학루	420.00	600.00	2.31
노적봉	75.00	12.00	1.24
고하도	6.20	20.00	0.08
빛의거리 I	62.00	700.00	1.35
빛의거리 II	52.00	500.00	1.12

대학루의 휘도를 분석한 결과, 평균 420cd/m², 최대 휘도 600cd/m², 최소 휘도는 2.31cd/m²로 나타났다. 평균 휘도는 CIE E2 기준 보다 84배 이상 높게 나타났으며 E1 기준에서 볼 때 대학루 표면 전체 기준을 상회하는 것으로 나타났다. 휘도대비를 분석한 결과 1:181의 높은 휘도비가 나타났다. 즉, 높은 휘도비는 사물의 인지능력이 감소될 가능성이 크기 때문에 등산객들의 방향 감각이 상실돼 안전성 위험이 클 것으로 판단된다.

노적봉의 휘도를 분석한 결과, 평균 75cd/m², 최대 휘도 120cd/m², 최소 휘도는 1.24cd/m²로 나타났다. 평균 휘도는 CIE E2 기준 보다 15배 높게 나타났으며 E1 기준에서 볼 때 노적봉 표면 전체가 기준을 상회하는 것으로 나타났다. 노적봉은 유달산 초입에 위치하여 많은 사람들의 한 번씩은 스쳐 지나가는 명소이지만 이와 같은 현란한 조명으로 인해 불쾌감 유발, 글레어 발생 등의 문제점이 우려된다.

5.2 고하도 빛공해 분석

고하도의 휘도를 분석한 결과, 평균 휘도 6.2cd/m², 최대 휘도 20cd/m², 최소 휘도는 0.08cd/m²로 나타났다. 평균휘도는 CIE E2 기준값에 근접하였으나 최대 휘도는 4 배 이상 높게 나타났다. CIE E1 기준값으로 볼 때 고하도의 70% 표면의 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 고하도의 측정점은 야간경관조명으로부터 약 2km 떨어진 지점에서 측정하였다. 만약 좀 더 가까운 지점에서 측정

표 6. 목포시 야간경관조명의 휘도 및 색온도 분포

대상	야간	CIE 기준 대비 휘도분포 (5cd/m ²)	CIE 기준 대비 휘도분포 (0cd/m ²)
일등 바위			
이등 바위			
대학루			
노적봉			
고하도			

할 시에는 휘도값이 증가할 것으로 예상된다.

고하도의 휘도대비를 분석한 결과, 1:250으로 높은 휘도비를 나타냈다. 이는 설치가 불필요한 섬, 산에 야간경관조명을 설치하여 나무 훼손, 바위의 구멍 등 생태계 훼손 등의 악영향이 우려된다.

5.3 빛의거리 빛공해 분석

빛의 거리 I의 바닥면 평균 휘도는 13.1cd/m², 빛의 거리 II의 바닥면 휘도는 10.1cd/m²로 나타났다. 빛의 거리 I 및 II의 천공 휘도는 1.8cd/m² 및 1.4cd/m²로 나타났다. 빛의 거리 I의 루미나리에 평균 휘도는 62cd/m² 빛의 거리 II의 루미나리에 평균 휘도는 52cd/m²로 나타났다.

빛의거리 I, II의 최소 휘도값은 1.35cd/m², 1.12cd/m²로 나타나 1:45 및 1:46의 높은 휘도값을 나타냈다. 높은 휘도비로 인해 운전자 등 보행자에게 좁은 시각 확보 및 과도한 조명으로 인한 많은 불편을 초래하는 것으로 판단된다.

또한 빛의 거리 I의 최대 휘도 값은 700cd/m²로 나타났으며 빛의 거리 II의 최대 휘도 값은 500cd/m²로 나타났다. 이는 CIE 기준의 E4 휘도값인 25cd/m²보다 20배 이상 높은 값이다. CIE 광공해 표면 기준인 E3 지역의 휘도 값인 800cd/m²에 해당한다. 이는 명동 중앙길의 최대 간판 휘도값인 255cd/m²보다 약 3배 이상 높은 값으로 나타났다.



(a) 빛의거리 I



(b) 빛의거리 II

그림 5. 빛의거리 휘도분포

6. 결론

목포시의 야간경관조명의 빛공해를 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 목포시 유달산권의 빛공해를 분석한 결과 일등바위, 이등바위, 노적봉 및 대학루의 평균 휘도가 CIE E2, 낮은 휘도분포지역의 기준 $5\text{cd}/\text{m}^2$ 를 1.5배~4배 이상 상회하는 것으로 나타났다. 또한 E1 기준, 어두운 경관의 지역으로 보았을 때 대상물 표면의 90% 이상이 기준을 상회하는 것으로 나타났다. 즉, 보행자, 등산객, 관광객 등에게 눈부심 및 글래어를 유발시킬 가능성이 높은 것으로 나타났으며, 높은 휘도비는 사물의 인지능력이 감소될 가능성이 크기 때문에 등산객들의 방향 감각이 상실돼 안전성 위험이 클 것으로 판단된다.

(2) 고하도의 야간경관조명 빛공해를 분석한 결과, 대상물 표면휘도는 70% 이상 기준을 상회하는 것으로 나타났다. 즉, 설치가 불필요한 섬, 산에 야간경관조명을 설치하여 나무 훼손, 바위의 구멍 등 생태계 훼손 등의 악영향이 우려된다.

(3) 빛의거리의 휘도를 분석한 결과 CIE E4, 높은 휘도분포지역 $25\text{cd}/\text{m}^2$ 보다 전체적으로 최대 20배 이상 높은 것으로 나타났다. 즉, 단기적인 이벤트 형식의 운영이 아닌 장기적인 운영으로 인해 인근 상가, 보행자, 운전자 등에게 수면장애, 불쾌감의 악영향을 우려된다.

이상의 연구 결과 야간 조명이 필요하지 않는 곳까지 조잡한 인공조명이 설치되어 생태계 교란, 에너지 낭비, 불쾌감 유발 등으로 밤이 간직하고 있는 고유의 아름다

움이 차단되는 것으로 나타났다. 따라서 불필요한 조명 철거 및 적절한 빛환경 속에서 건강하고 쾌적한 삶의 질 향상이 필요한 것으로 판단된다.

이상의 연구는 자연경관지역의 야간경관조명 데이터를 국외 기준에 의거, 단순히 물리적 분석을 한 점에서 한계를 가지고 있다. 향후 연구에서는 자연경관지역의 야간경관조명이 생태계, 사람 등에게 미치는 영향, 이에 따른 개선방향에 대하여 연구되어야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

이 논문은 2009년도 환경부 용역 (번호20090805349-00)의 지원 및 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2009-0063383).

참고문헌

1. 공효주, 이진성, 김정태, “목포시 빛의 거리에 관한 휘도특성 분석”, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제9권제2호, 2009.11, pp.87-90
2. 공효주, 김정태, “Non-cutoff 조명기구가 설치된 주유소의 조명환경 및 빛공해 평가”, 조명·전기설비학회논문지, 제22권, 제1호, 2008.01. pp.7-16
3. 김정태, 정유근, “건축조명 디자인”, 경희대학교 출판국, 2005, p.204
4. 김현수, 신목포지리지 국제 해양·관광 중심도시 발돋움, 아시아경제, 2009.02.18
5. 나카지마 다쓰오키 외, “조명디자인 입문”, 박필제 역, 예경, 1997
6. 디자인 서울 총괄본부홈페이지 (<http://design.seoul.go.kr>, 검색일: 2009년 11월 20일)
7. 나영석, 배명재, 너도나도 경관 조명 설치... 반환경적 도시 흉물 전략, 매일경제, 2009.10.05
8. 신주영, 김정태, “야간상업가로의 조명물리량 및 이미지 분석”, 한국생태환경건축학회 논문집, 제7권 제4호, 2007.08. pp.31-38
9. 안내영, 심교언, 안건혁, “야간 도시 조명 관리 방안에 관한 연구”, 도시행정학보, 제21권, 제1호, 2008.04. pp.203-225
10. 이영환, 이창호, “상업지역 가로조명의 조도 및 색온도 분석을 통한 공공조명과 상업조명의 실태에 관한 연구, 대한건축학회, 제24권, 제1호, 2008.01. pp.3-10
11. CIE, Guide on the Limitation of the Effects of Obstrusive Light from Outdoor Lighting Installation, CIE TC5, 2002
12. 목포시청 홈페이지 (<http://www.mokpo.go.kr>, 검색일: 2009년 11월 20일)
13. Illuminating Engineering Society of North America, IESNA Lighting Handbook, 2000
14. IESNA, RP-33-99, Lighting for Exterior Environments, 2008, p.4

투고(접수)일자: 2009년 12월 1일

심사일자: 2009년 12월 3일

게재확정일자: 2009년 12월 23일