

경관조명의 시점거리별 표면휘도 특성분석

(Analysis on the Surface Luminance of Outdoor Lighting by Viewing Distance)

최윤석* · 정인영 · 안현태 · 김정태**

(Yoon-Seok Choi · In-Young Jeong · Hyun-Tae Ahn · Jeong-Tai Kim)

요 약

야간도시경관의 미적향상, 시각적 안전의 확보 및 빛 공해 방지 등을 고려한 기존의 경관조명 평가방법은 대부분 측정점을 한 지점으로 한정하여 조명물리량을 분석함으로써 거리에 따른 평가결과의 다양성이 소홀히 취급되었다. 본 연구는 측정거리의 변화에 따른 평가대상 구조물의 표면휘도를 고려한 경관조명 평가방법을 제시하는데 연구의 목적이 있다. 이를 위하여 경관조명이 설치된 한강의 교량을 대상으로 CS-100과 ProMetric 1400 등 디지털 측광기와 경관조명 소프트웨어 Lightscape v3.2를 활용하였다. 즉 측정거리 100[m], 300[m], 500[m]로 구분하여 현장측정 및 컴퓨터 시뮬레이션을 실시한 결과 거리변화에 따른 휘도의 평가방법은 대상 구조물로부터 약 100[m] 이내에서 실시하는 것이 휘도측면에서 유리한 것으로 나타났다.

Abstract

Existing outdoor lighting evaluation methods for the city beautification at night, the measurements are limited by one point to analyze the photometric data. However, this methods could not represent the diversity of photometric result from the distance. This study aims to propose the new outdoor lighting evaluation method of structure surface luminance in accordance with the measuring distance. For the purpose, the field measurement and simulation of an illuminated structure were conducted by CS-100, Digital Photometry Instrument ProMetric 1400, and the Lightscape v 3.2 from the distance of 100[m], 300[m], 500[m]. The result shows that evaluation of the surface luminance by the distance should be measured from about 100[m] of an illuminated object for getting the familiar result from computer simulation.

Key Words : Outdoor lighting, Luminance, Distance, CS-100, ProMetric 1400, Lightscape v3.2

* 주저자 : 경희대학교 강사, 공학박사
** 교신저자 : 경희대학교 건축공학과 교수
Tel : 031-201-2852, Fax : 031-202-8181
E-mail : cys704@krroad.co.kr
접수일자 : 2005년 12월 21일
1차심사 : 2006년 6월 21일
심사완료 : 2006년 6월 30일

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

도시를 구성하는 상징적 건축물과 구조물에 조명

을 이용하여 도시의 야간경관을 재구성하는 경관조명이 국내의 경우 최근 10여 년 전부터 많은 관심과 투자 속에 활성화 되고 있다. 이러한 경관조명은 시각적 파급효과가 매우 커서 이를 실현할 때 전문적 지식과 디자인 그리고 대중적 시각에서의 보편성 등을 고려하여 야간의 미적경관향상, 안전의 확보, 빛공해 방지 등을 만족시킬 수 있도록 하여야 한다.

이러한 경관조명의 특성에 대하여 그 동안 연구되어진 평가방법으로는 대부분 측정점을 한 지점으로 한정하는 경우가 많아 특히, 거리의 변화에 따른 표면 휘도의 변화를 이해하고 평가하는데 한계가 있었다.

본 연구에서는 측정거리의 변화에 따른 표면휘도값을 분석하고 이를 토대로 거리의 변화를 고려한 개선된 경관조명의 평가방법을 제시하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 내용 및 방법

① 연구대상의 선정

본 연구의 대상선정은 서울의 한강에 위치한 교량을 중심으로 한 현황조사 후 한강의 60[%]를 차지하는 거더교 중 최근에 경관조명이 설치된 광진교를 연구대상으로 선정하였다.

② 현장측정

연구대상의 현장측정은 교량 남단에 위치한 한강 둔치에서 2005년 10월27일 20시 30분부터 24시 30분까지 K대학교 대학원생 3명과 함께 광학측정기기를 활용하여 광진교의 표면휘도를 측정하였다.

③ 측정기기 및 시뮬레이션의 유용성 검증

연구의 정확성을 위하여 측정거리의 변화에 따라 측정된 구조물의 표면 휘도값과 컴퓨터 시뮬레이션에서 산출된 값의 상관관계를 비교하였다.

④ 거리의 변화에 따른 물리량 특성분석

유용성이 검증된 측정기기로 100[m], 300[m], 500[m]로 구분된 측정거리에서 측정된 측광량을 분석하였다.

⑤ 거리의 변화에 따른 평가방법 제시

현장측정 및 시뮬레이션 결과를 토대로 주변 환경과 경관조명대상의 거리변화에 따른 구조물 표면의 휘도의 평가방법을 제시하였다.

2. 연구대상의 경관조명 현황

2.1 연구대상의 건축물개요

연구대상인 광진교는 2004년 12월에 준공된 교량으로써 상부구조형식은 Steel Box Girder, 하부교각은 라멘형이며, 교량의 연장은 1,056[m], 폭은 20[m]로 구성되어 있다(그림 1 참조).

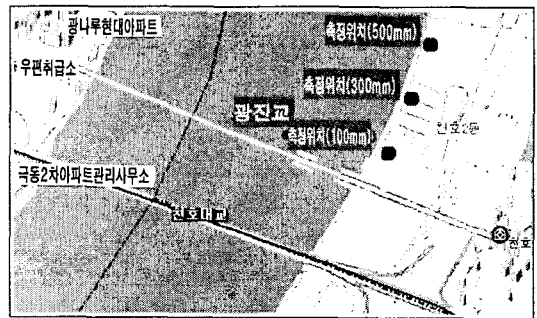


그림 1. 광진교의 위치

Fig. 1. The position of Kwangjin bridge

2.2 연구대상의 경관조명 현황

광진교의 경관조명은 크게 교량의 상부구조물인 상판측면과 하부구조물인 교각, 그리고 전담대부분으로 구분할 수 있으며 본 연구에서는 광진교의 경관조명 구성요소에 작은 부분을 차지하는 전담대를 제외한 상판측면과 교각에 국한하여 연구를 진행하였다.

사진 1과 표 1은 광진교의 주간 및 야간의 현황사진과 상판측면 및 교각에 설치된 조명기구의 위치와 사양을 나타낸 것이다.

① 상판측면의 조명기구

메탈할라이드 1,000[W] 투광기구가 총 72개 설치되어 있으며, 조명기구의 배광곡선은 협각, 조명색상은 한색계열의 blue와 green color이다.

② 교각의 조명기구

교각의 전·후면을 연출은 메탈할라이드 400[W] 투광기이며 총 79개가 설치되어 있으며, 조명기구의 배광곡선은 협각이며, 조명색상은 난색계열의 yellow color로 되어있다.

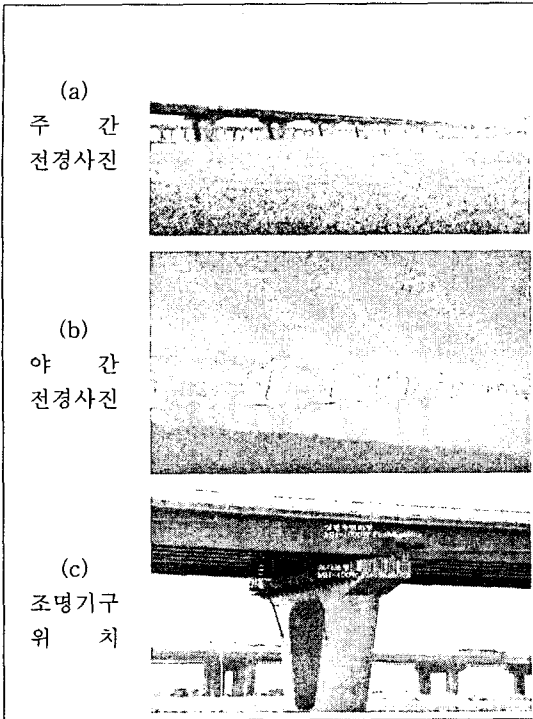

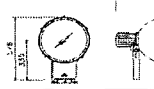


사진 1. 연구대상 건물의 주·야경 사진촬영 이미지
Photo 1. The photograph of the object

표 1. 연구대상에 설치된 조명기구
Table 1. The research object's lighting fixtures

위치	상관측면	교각
램프	메탈할라이드램프	메탈할라이드램프
용량	1000[W]	400[W]
기구 도면		

3. 평가도구의 유용성검증

3.1 평가도구의 개요 및 광학측정

연구대상에 대한 현장조사를 실시한 후 2005년 10월 27일 22시 30분부터 24시 30까지 광진교 남단 한강둔치에서 연구대상의 교량으로부터 측정거리를 경관공학의 근경과 중경에 해당되는 100[m], 300[m], 500[m]로 구분하였다.

측정기기는 CS-100, ProMetric 1400, 그리고 디지털

털카메라를 측정위치에 설치하였으며, 사람의 시야를 고려한 높이 1.5[m]로 고정하여 물리량을 측정하였다(사진 2, 사진 3 참조).

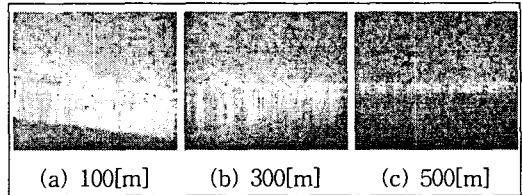


사진 2. 연구대상의 거리별 촬영사진
Photo 2. The photographs from the different distances

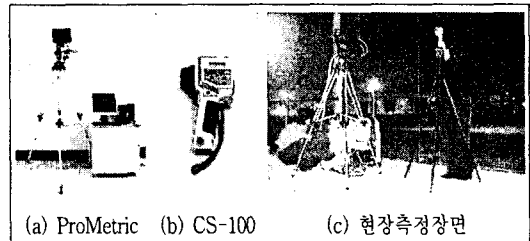


사진 3. 측정기기 및 현장 측정장면 사진
Photo 3. The optical measurement instruments

또한 경관조명의 컴퓨터 시뮬레이션 소프트웨어로써 많이 활용되어지는 Lightscape v3.2를 활용하였다(그림 2 참조).

이를 위하여 연구대상 교량에 적용된 경관조명기구의 위치와 사양을 토대로 교량 모델링 및 조명 시뮬레이션 작업을 실시하였다. 특히 시뮬레이션 결과값의 정확성을 높이기 위하여 실제 연구대상에서 사용되어지는 램프 및 기구와 가장 적합한 IES파일을 확보하여 실험에 적용하였다(표 2 참조).

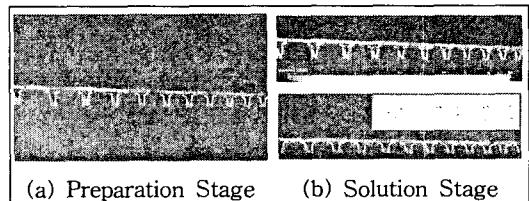


그림 2. Lightscape v3.2의 작업과정
Fig. 2. The simulation process of Lightscape v3.2

표 2. 현장조명기구 및 시뮬레이션 적용배광
Table 2. The photometric distribution curve for simulation

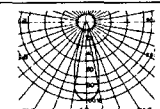
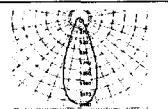
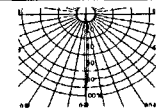

구 분	조명기구	시뮬레이션
상판측면		
교 각		

그림 3은 디지털광학측정기기에 의한 휘도분석 이미지 결과이다.

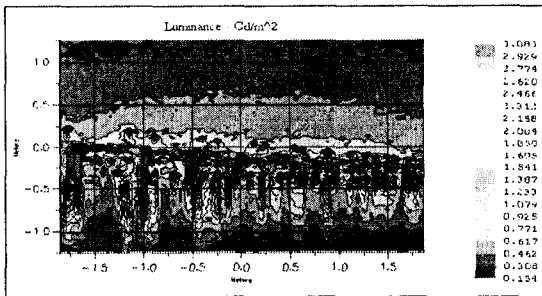


그림 3. 디지털광학측정기기의 측정결과
Fig. 3. The result of luminance distribution by the ProMetric

본 연구에서 활용되어진 측정기기와 시뮬레이션 도구의 구성과 측정방식 그리고 측정결과표현방식에 대해서는 표 3에서 정리하였다.

표 3. 측정기기 및 시뮬레이션 도구의 개요
Table 3. The introduction of experiment measurement and simulation

평가도구 특성	CS-100	PoroMetric 1400	Lightscape v3.2
측정내용	휘도, 색도	휘도, 색도, 색온도	휘도, 조도
측정결과 표 현	계량적 수치	계량적 수치	계량적 수치
	-	분포이미지	분포이미지
	-	-	연출이미지

3.2 측정기기 및 시뮬레이션의 유용성 검증

평가의 정확성을 위하여 측정기기 및 시뮬레이션의 유용성은 색채 색차계 CS-100, 디지털 광학측정기기 ProMetric 1400 그리고 컴퓨터 시뮬레이션 도구인 Lightscape v3.2를 활용하여 연구대상의 상판측면과 교각 2개소에 대하여 연구대상으로부터 100[m] 거리에서 교량표면 휘도평균값을 산출하여 상대오차를 비교하였다.

이를 위하여 CS-100, ProMetric 1400, 디지털 카메라를 측정위치에 동일한 조건으로 설치하여 측정점 한 개소 당 30초 간격으로 3회에 걸쳐 측정하여 그 평균값을 활용하였다.

3.2.1 CS-100과 ProMetric 1400의 비교

표 4. CS-100과 ProMetric 1400의 휘도값 및 상대오차율 비교
Table 4. The relative error of luminance between CS-100 & ProMetric 1400

측정위치	CS-100 ([cd/m ²])	PoroMetric ([cd/m ²])	상대오차 ((%)
상판측면	11.8	10.2	15.7
교 각	13.5	13.0	3.8
평균상대오차율			9.8

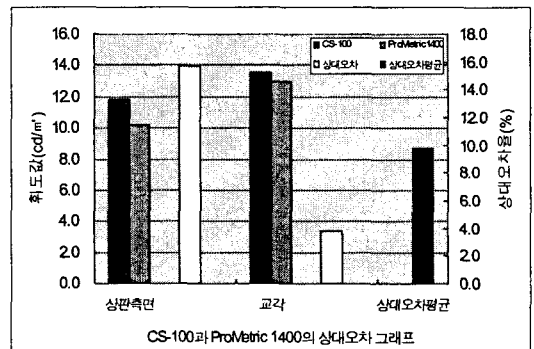


그림 4. CS-100과 ProMetric 1400의 휘도값 및 상대오차율 그래프
Fig. 4. The relative error graph of luminance between CS-100 & ProMetric 1400

경관조명의 시점거리별 표면휘도 특성분석

기존연구에서 측정기기로서 그 유용성과 활용도가 높은 CS-100과 최근에 보급된 다측점 디지털 광학측정기기의 휘도값 비교를 통해 ProMetric 1400의 유용성을 검토한 결과 상대오차에서 상판측면 15.7[%], 교각 3.8[%]로 나타났으며 상대오차평균은 9.8[%]로 산출되었다(표 4, 그림 4 참조).

3.2.2 ProMetric 1400과 Lightscape v3.2의 비교

ProMetric-1400과 Lightscape v3.2의 휘도값 비교를 통한 상대오차는 상판측면 8.9[%], 교각 9.2[%]로 나타났으며, 평균상대오차는 9.1[%]로써 허용오차범위에 포함되어 Lightscape v3.2는 유용한 것으로 판명되었다(표 5, 그림 5 참조).

표 5. ProMetric과 Lightscape의 휘도 및 상대오차 비교

Table 5. The relative error of luminance between ProMetric 1400 & Lightscape v3.2

측정위치	ProMetric ([cd/m ²)	Lightscape ([cd/m ²)	상대오차 ([%])
상판측면	10.2	11.2	8.9
교각	13.0	11.9	9.2
평균상대오차율			9.1

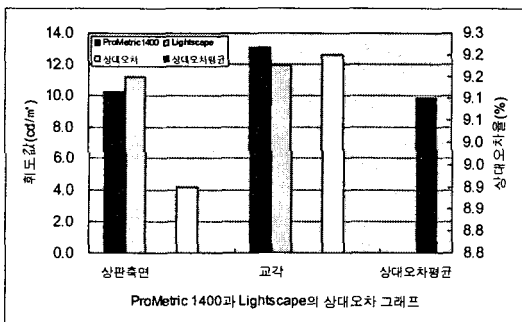


그림 5. Lightscape와 ProMetric 1400의 휘도값 및 상대오차율 결과값 그래프

Fig. 5. The relative error graph of luminance between Lightscape & ProMetric 1400

3.2.3 CS-100과 Lightscape v3.2의 비교

CS-100과 Lightscape v3.2의 상대오차는 상판측면 5.4[%], 교각 13.4[%]이며, 상대오차평균은 9.4

[%]로 나타나 일반적인 공학적 허용오차범위 내에 포함됨으로 Lightscape v3.2가 매우 유용한 시뮬레이션 도구임이 입증되었다(표 6, 그림 6 참조).

표 6. CS-100과 Lightscape v3.2의 휘도값 및 상대오차율 비교표

Table 6. The relative error of luminance between CS-100 & Lightscape v3.2

측정위치	CS-100 ([cd/m ²)	Lightscape ([cd/m ²)	상대오차 ([%])
상판측면	11.8	11.2	5.4
교각	13.5	11.9	13.4
평균상대오차율			9.4

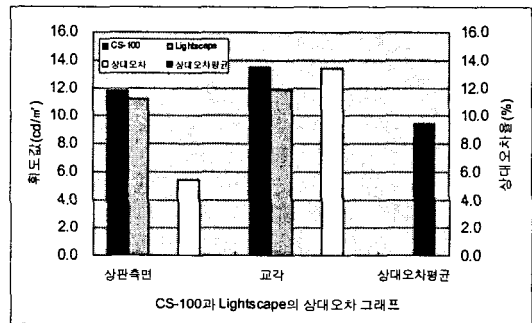


그림 6. CS-100과 Lightscape v3.2의 휘도값 및 상대오차율 그래프

Fig. 6. The relative error graph of luminance between Lightscape & ProMetric 1400

3.2.4 측정기기의 유용성

CS-100, ProMetric 1400 그리고 Lightscape v3.2의 유용성 검토를 휘도값을 중심으로 비교하여 상대오차율을 산출하였다.

그 결과 현장측정기기인 CS-100과 ProMetric 1400의 비교에서 상대오차율은 9.8[%], ProMetric 1400과 Lightscape v3.2의 비교에서는 9.1[%], CS-100과 Lightscape v3.2의 상대오차율은 9.4[%]로 나타났다.

이러한 결과는 일반적인 공학적 허용오차범위인 10[%]내에 모두 포함되므로 측정기기와 시뮬레이션은 유용한 것으로 나타났다(그림 7 참조).

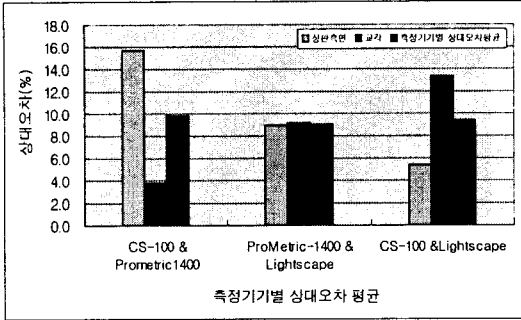


그림 7. 평균상대오차율 그래프
Fig. 7. The average relative error of luminance

3.3 현장사진과 Lightscape 이미지의 비교

그림 8에서 Lightscape v3.2의 이미지가 다소 현실감이 부족하게 나타났는데 그 이유는 본 연구의 목적이 물리량분석에 초점이 맞추어진 관계로 추가적인 그래픽작업의 완성도가 부족하기 때문이다. 그럼에도 불구하고 Lightscape v3.2의 가시화된 이미지는 빛의 분포, 조명의 색상 등을 예측하는 데 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

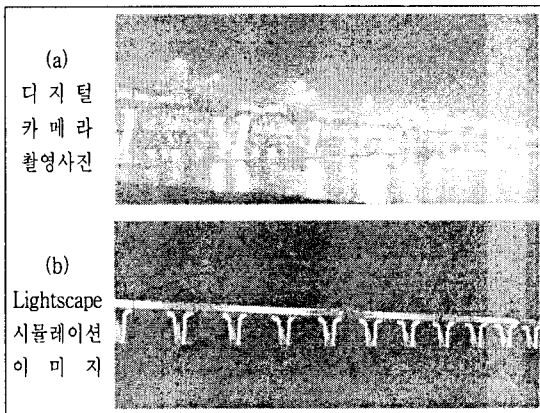


그림 8. 촬영 사진과 Lightscape 이미지의 비교
Fig. 8. The comparison of imagination between photograph and simulation

4. 거리변화에 따른 측광량 분석

경관조명을 인식하는 시인성에 직접적인 영향을

미치는 구조물 표면휘도의 물리적 특성을 거리에 따라 휘도값을 토대로 분석하기 위하여 연구대상의 구성요소 중 조명연출이 적용된 상판측면과 교각에 대하여 CS-100과 ProMetric 1400을 활용하여 현장측정을 실시하였으며, 컴퓨터 시뮬레이션은 Lightscape v3.2를 활용하였다.

4.1 거리별 측정기기의 휘도값 분석

연구대상의 현장측정결과를 측정기기와 시뮬레이션으로 구분하여 상판측면과 교각에 대한 거리별 휘도값은 거리가 멀어짐에 따라 측정기기와 시뮬레이션에서 획득된 휘도값이 유사하게 낮아지는 것으로 나타났다(사진 4, 그림 9, 표 7 참조)

연구대상과 가장 근접한 100[m] 측정 휘도값을 100[%] 기준으로 거리별 휘도값 변화를 측정기기별 백분율로 나타내면 다음과 같다(표 8, 그림 11 참조).

① CS-100의 경우 상판측면에서 300[m]는 3.5[cd/m²](29.6%), 500[m]는 1.4[cd/m²](12%)에 측정되었으며, 교각은 300[m]에서 7.3[cd/m²](54.1%), 500[m]는 3.1[cd/m²](7.4%)를 나타냈다.

② ProMetric 1400의 경우 100[m] 측정휘도값을 기준으로 300[m]에서 3.2[cd/m²](31.3%), 500[m]에서는 0.9[cd/m²](8.8%)를 나타냈으며, 교각은 300[m]에서 5.4[cd/m²](41.5%), 500[m]는 1.9[cd/m²](14.6%)로 나타났다.

③ Lightscape v3.2는 시뮬레이션된 휘도값이 거리의 변화에 물리량은 고정되어 있으므로 각각 거리에 대한 표면 휘도값은 동일하다.

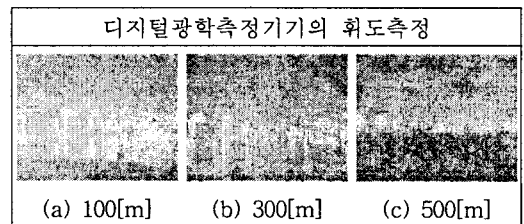


사진 4. ProMetric 1400의 거리별 휘도측정 결과
Photo 4. The luminance result by ProMetric 1400

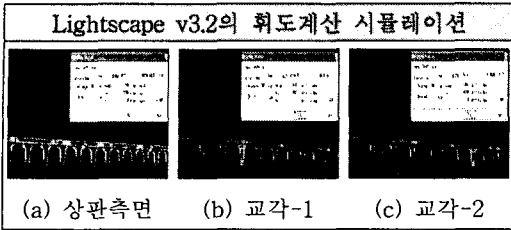
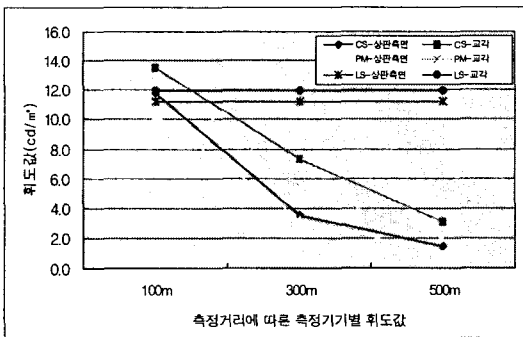


그림 9. Lightscape v3.2의 휘도계산
Fig. 9. The luminance result by Lightscape v3.2

표 7. 측정방법에 따른 거리별 부분 휘도값 비교
Table 7. The comparison of luminance result

측정위치		CS-100 ([cd/m ²])	PoroMetric ([cd/m ²])	Lightscape ([cd/m ²])
100[m]	상판측면	11.8	10.2	11.2
	교 각	13.5	13.0	11.9
300[m]	상판측면	3.5	3.2	11.2
	교 각	7.3	5.4	11.9
500[m]	상판측면	1.4	0.9	11.2
	교 각	3.1	1.9	11.9



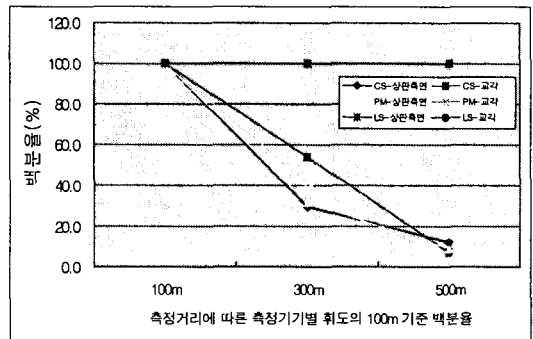
* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400), LS(Lightscape v3.2)

그림 10. 측정방법에 따른 거리별 부분 휘도그래프
Fig. 10. The comparison of luminance result by the measurement and the experiment

표 8과 그림 11에서는 각 측정기기의 100[m] 측정 휘도값을 100[%]로 설정하였을 때 거리의 변화에 따라 하향곡선을 나타내는 휘도값을 의미한다.

표 8. 측정방법에 따름 거리별 부분 휘도율 비교
Table 8. The comparison of luminance rate result

측정위치		CS-100 ([%])	PoroMetric ([%])	Lightscape ([%])
100[m]	상판측면	100	100	100
	교 각	100	100	100
300[m]	상판측면	29.6	31.3	100
	교 각	54.1	41.5	100
500[m]	상판측면	12	8.8	100
	교 각	7.4	1.9	100



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400), LS(Lightscape v3.2)

그림 11. 측정방법에 따른 거리별 부분 휘도율
Fig. 11. The comparison of luminance result

4.2 거리별 표면휘도 측정량의 특성

연구대상과의 거리변화에 따른 측정기기 및 시뮬레이션의 표면휘도 특성분석결과는 다음과 같다.

① 측정거리의 변화에 따른 휘도값은 사용된 측정기기 모두에서 유사한 표면휘도를 나타냈으며, 거리가 멀어짐에 따라 측정량이 낮아지는 변화의 정도도 비슷하였다.

② 평가대상과의 거리변화에 따른 경관조명 물리량의 정확한 획득을 위한 측정거리는 CS-100과 ProMetric 1400의 경우, 100[m]에 근접한 거리일수록 측정된 표면휘도값의 정확성이 높아지는 것으로 나타났다.

③ Lightscape v3.2의 경우 시뮬레이션 후 산출된 물리량은 작업자가 부여한 조건에 의해 계산된 절대

값으로써 거리별 물리량의 변화는 나타나지 않으며, 시뮬레이션 결과값은 현장의 연구대상으로부터 100[m] 측정값의 표면휘도 측정량과 유사한 것으로 나타났다.

5. 결 론

측정거리의 변화에 따른 구조물 표면휘도의 특성과 평가방법을 제시하면 다음과 같다.

① 측정거리별 구조물 표면휘도값은 측정기기 모두 유사한 표면휘도를 나타냈으며, 거리가 멀어짐에 따라 표면휘도값이 줄어드는 것으로 나타났다(그림 10 참조).

② Lightscape v3.2를 이용하여 시뮬레이션 후 산출된 표면휘도값은 현장측정 100[m] 거리의 표면휘도값과 매우 유사한 것으로 나타났다.

③ 조망거리의 변화에 따른 측정량은 측정거리가 멀어짐에 따라 측정기기로 유입되는 빛의 각도변화에 영향을 받아 휘도값은 휘도분포 그래프에서 하향곡선으로 나타났다.

④ 경관조명에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션 결과로 구조물의 표면휘도를 예측할 경우, 이 값은 약 100[m] 떨어진 거리에서 측정되는 휘도값과 유사한 것으로 나타났다.

이를 토대로 본연구의 내용과 범위 안에서 평가방법을 제시하면 거리의 변화에 따른 구조물 표면휘도의 측정거리는 구조물로부터 100[m]에서 측정하는 것이 컴퓨터 시뮬레이션과 경관조명 측정 휘도값을 비교하는데 가장 적절한 것으로 나타났다.

본 연구는 연구대상으로부터 100[m], 300[m], 500[m]를 기준으로 거리의 변화에 따른 표면휘도값의 특성을 연구하였으며 100[m]를 이내를 중심으로 하는 추가연구가 요망된다.

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 MI-0300-00-0258)의 연구지 지원에 의한 연구결과 의 일부임.

References

- (1) 김정태, 최윤석, “도시미관향상을 위한 공원의 경관조명 개선방안”, 대한건축학회 논문집(계획계), Vol.17 No.3, pp.165-176, 2001.3.
- (2) 안현태, 김정태, “휘도와 색도측면에서 본 역사적 건축물의 야간경관조명 분석”, 한국조명.전기설비학회논문집, Vol15 No1, pp.36-43, 2001.1.
- (3) 이진숙 외 2인, “야간경관조명에 대한 주관평가 실험방법의 유효성 검증실험”, 대한건축학회 학술발표논문집 제22권 제2호, 2002.10.26.
- (4) 여정태, “리조트 건축물의 시각적 선호도와 이미지”, 대한국토.도시계획학회지「국토계획」 제37권 7호, 2002.12.
- (5) 김희서 외, “컴퓨터 시뮬레이션을 통한 경관조명 데이터 베이스 구축에 관한 연구”, 조명전기설비학회 논문집, vol 16. no 3, 2002.5.
- (6) 문기훈, “자연채광 성능평가 도구로써 LIGHTSCAPE의 효용성 연구”, 경희대학교 박사학위논문, pp. 35. 2003.
- (7) 이소미, 최윤석, 김정태 “ProMetric을 이용한 Lightscape 경관조명 시뮬레이션의 유효성 검증”, 조명전기설비학회 학술대회, 2004. 11.
- (8) 홍성욱, “Lightscape를 사용한 조명시뮬레이션”, 서울산업대학교 석사학위 논문, 2001. 2.
- (9) 「KS 핸드북 - 조명(1)」, pp.921~1045, 한국표준협회, 2000.

◇ 저자소개 ◇

최윤석(崔允碩)

1971년 7월 4일생. 2000년 경희대학교 건축공학과 졸업. 2002년 경희대학교 석사. 2006년 경희대학교 박사. 현재 (주)케이알 경관조명사업팀 팀장.
Tel : (02)2140-2241, E-mail : cys704@krroad.co.kr

정인영(鄭仁泳)

1973년 10월 14일생. 1997년 경희대학교 건축공학과 졸업. 1999년 경희대학교 석사. 2005년 경희대학교 박사. 현재 경희대학교 학술연구교수.
Tel : (031)201-2852, E-mail : jihyenmin@kornet.net

안현태(安鉉台)

1964년 11월 18일생. 1987년 경희대학교 건축공학과 졸업. Washington State University 석사. 2000년 경희대학교 박사. 현재 경희대학교 전임강사.
Tel : (031)205-2537, E-mail : ahnpark2@kornet.net

김정태(金正泰)

1953년 1월 18일생. 1977년 연세대학교 건축공학과 졸업. 1979년 연세대학교 석사. 1985년 연세대학교 박사. 현재 경희대학교 건축공학과 교수 겸 채광조명시스템 연구센터(과학기술부 국가지정연구실)소장.
Tel : (031)201-2539, E-mail : jtkim@khu.ac.kr