

조망의 변화에 따른 교량경관조명의 휘도특성분석

(Analysis of Luminance distribution of Illuminated Bridges by View)

최윤석* · 정인영 · 안현태 · 김정태**

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

요 약

본 연구는 휘도측정장비인 CS-100과 ProMetric 1400을 활용하여 조망점의 변화에 따른 교량 경관조명의 휘도를 분석한 것이다. 이를 위하여 경관조명이 적용된 한강의 교량 4개를 교량형태별로 선정하고 조망유형에 따라 한강둔치에서 바라본 조망(투시뷰), 교량주변 건물에서 바라본 조망(건물뷰), 그리고 교량 위 주행자가 바라본 조망(주행뷰) 등 3가지로 분류하였다. 연구대상의 주변하늘, 강물표면, 상부구조물, 상관측면 그리고 교각에 대한 휘도분포를 측정하였다. 분석결과, 광진교와 동호대교는 투시뷰의 휘도가 높게 나타났으며, 올림픽대교와 동작대교는 건물뷰의 휘도가 높게 나타났다. 따라서 거더교와 같이 상부구조물이 없는 교량에서는 투시뷰가, 사장교 및 아치교와 같이 상부 구조물이 있는 교량에서는 건물뷰가 경관조명의 특성을 크게 반영하는 휘도분포가 강하게 나타났다.

Abstract

The study is to analyze the surface luminance of the illuminated bridges according to the change of view point using luminance measurements with instrument CS-100 and ProMetric 1400. For the purpose, the illuminated bridges of the structure type were selected. Also, the view points were classified the three types which are a perspective view, a building view, a driver view. The luminance of the surrounding sky, surface of river, upper structure of bridge, girder side, and pier of the objects was measured. As a result of this study, The Kwangjin and Dongho Bridge showed the luminance distribution of a perspective view was high. And the Olympic and Dongjac bridge the luminance distribution of building view was high. The luminance effect of the girder bridge that has no upper structure was distinguished for the perspective view, and the cable-stayed girder bridge and the arch bridge were characterized as the building view.

Key Words : Outdoor Lighting, View, Luminance, CS-100, ProMetric 1400, Bridge

* 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, 2차심사 : 2006년 7월 6일
 심사완료 : 2006년 7월 18일

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

경관조명이 활성화되면서 보다 아름답고 조화로
 운 도시미관을 위하여 객관적인 심의와 평가를 수행

조망의 변화에 따른 교량경관조망의 위도특성분석

하기위한 다양하고 구체적인 평가방법이 여러 연구를 통해 제시되고 있다.

그러나 지금까지 연구에서는 조망점을 한 곳으로 한정하여 평가를 수행함으로써 다양한 조망으로부터 종합적인 분석과 평가가 부족하였다.

따라서 본 연구에서는 조망의 변화에 따른 교량경관조망의 휘도특성을 분석함으로써 조망변화에 따른 경관조망의 평가방법을 제시하는 것이 연구목적이다.

1.2 연구의 내용 및 방법

1.2.1 연구대상의 선정

본 연구의 대상은 한강의 25개 교량 중, 경관조망이 설치된 17개 교량에 대하여 4개의 구조형식(아치교, 사장교, 트러스교, 거더교)별로 분류하여, 각 구조별 대표적 교량으로 광진교, 올림픽대교, 동호대교, 동작대교를 선정하였다.

1.2.2 조망점의 선정

물리량 측정을 위한 연구대상의 조망점은 크게 3개로 구분하였는데 한강 둔치에서 바라 본 조망(투시뷰), 한강주변 건축물에서 바라 본 조망(건물뷰), 그리고 자동차 또는 도보를 이용하여 교량을 횡단할 때 바라보는 조망(주행뷰)으로 구분하였다(그림 1, 표 1 참조).

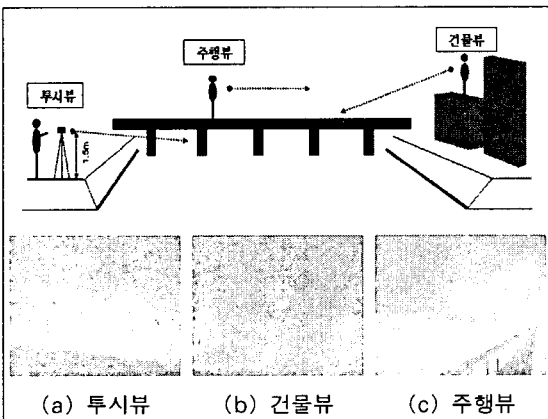


그림 1. 조망의 분류
Fig. 1. The classification of view

표 1. 연구대상의 조망별 사진
Table 1. The view photographs of the objects

교량 \ 조망점	투시뷰	건물뷰	주행뷰
광진교			
	한강둔치	광진도서관	교량 위
올림픽대교			
	한강둔치	테크노마트	교량 위
동호대교			
	한강둔치	응봉산	교량 위
동작대교			
	한강둔치	신동아쇼핑	교량 위

1.2.3 현장측정

2005년 8월 17일부터 9월2일 동안 기상여건을 고려하여 총 5회에 걸쳐 현장측정 실시하였다. 측정기기는 CS-100, ProMetric 1400, 디지털카메라 등을 활용하여 물리량을 측정하였다(그림 2 참조).

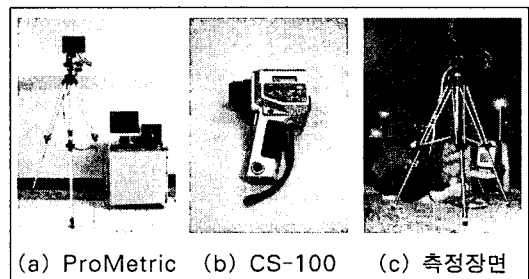


그림 2. 광학측정기기의 구성 및 측정장면
Fig. 2. The measurement instruments

1.2.4 조망 변화에 따른 휘도의 특성분석

측정기기와 시뮬레이션 도구를 활용하여 경관조망 물리량 중 휘도를 중심으로 측정대상의 교량표면 휘도와 휘도대비를 투시뷰, 건물뷰, 주행뷰로 구분하여 결과를 분석하였다.

1.2.5 거리의 변화에 따른 평가

현장측정 및 시뮬레이션을 토대로 주변환경과 경관조명대상의 거리변화에 따른 적절한 평가도구 및 평가방법을 제시하였다.

2. 연구대상의 경관조명 현황

2.1 연구대상의 위치 및 소개

연구대상은 경관조명이 설치된 17개 교량을 4개의 구조형식(아치교, 사장교, 트러스교, 아치교)별로 구분하여 광진교, 올림픽대교, 동호대교, 동작대교를 선정하였다(그림 3 참조).

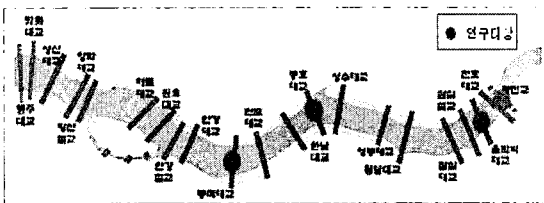


그림 3. 연구대상 교량의 위치
Fig. 3. The position of the objects

2.2 연구대상의 경관조명 현황

연구대상으로 선정된 광진교, 올림픽대교, 동호대교, 동작대교는 기본적으로 투광등을 활용한 조명방식으로 연출되고 있으며, 교량형식에 따라 연출부위를 달리하고 있다(표 2 참조).

3. 측정기기의 유용성검증

3.1 검증방법 및 결과

물리량 특성을 통한 평가방법의 신뢰성을 확보하기 위한 측정기기 및 시뮬레이션의 유용성 검증은 CS-100과 디지털 광학 측정기기인 ProMetric 1400을 대상으로 하였다.

유용성 검증방법은 연구대상의 상판측면과 교각 2개소를 100[m] 측정거리에서 표면휘도를 측정하여 평균값을 산출하고 각각의 상대오차를 비교하였다.

표 2. 연구대상 교량별 경관조명현황

Table 2. The lighting condition of the objects

조망점 교량	조명방식	연출부위	조명색상
광진교	LED조명	상판전망대	Green
	투광조명	상판 측면	Blue/Green
	투광조명	교각	Yellow
올림픽대교	투광조명	상부구조물	White
	투광조명	케이블	Red/Blue
	투광조명	교각	White
동호대교	투광조명	상부구조물	Yellow
	LED조명	상판 측면	Blue
	투광조명	교각	Yellow
동작대교	투광조명	상부구조물	White
	LED조명	상판 측면	Green
	투광조명	교각	Yellow

이를 위하여 측정기기를 동일한 조건으로 설치하여 측정점 한 개소 당 30초 간격으로 3회에 걸쳐 측정하였다. 그 결과, CS-100과 ProMetric 1400의 상대오차는 9.8% 유용한 것으로 나타났다(그림 4 참조).

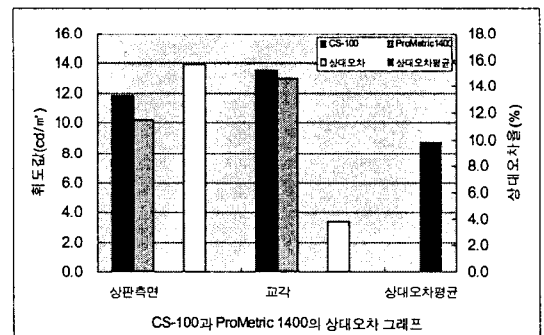


그림 4. 측정기기의 상대오차율 그래프
Fig. 4. The relative error graph of Instruments

4. 조망유형에 따른 교량별 휘도특성

연구대상의 조망점별 휘도측정은 각 교량별로 현장조사 때 선정된 투시부와 건물부에서 실시하였으며, 측정된 휘도값은 상호간 비교분석하였다. 또한

조망의 변화에 따른 교량경관조명의 위도특성분석

주행부는 교량구성요소가 다른 관계로 별도로 구분하였다(표 3 참조).

표 3. 조망점별 휘도분포
Table 3. The luminance distribution by ProMetric 1400

조망점 교량	투시뷰	건물뷰	주행뷰
광진교			
올림픽대교			
동호대교			
동작대교			

4.1 광진교의 위도특성

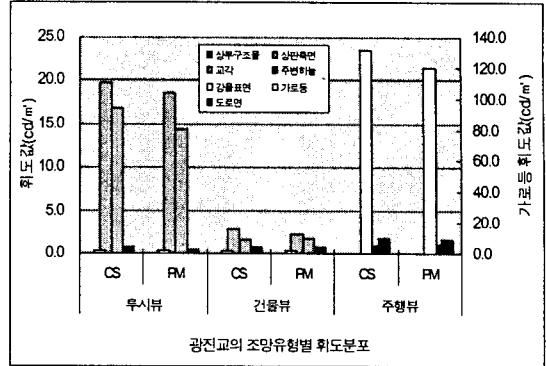
교량구성요소 중 투시뷰의 상판측면(19.8[cd/m²])과 교각(16.8[cd/m²])의 휘도가 건물뷰의 휘도보다 높게 나타났으며, 주변하늘(0.8[cd/m²])과 강물표면(1.7[cd/m²])은 유사한 것으로 나타났다.

주행부는 도로면의 휘도가 CS-100은 5.4[cd/m²], ProMetric 1400은 5.9[cd/m²]로 나타났다(표 4, 그림 5 참조).

표 4. 광진교의 조망별 휘도분포
Table 4. The luminance of Kwangjin bridge

조망점 구성	투시뷰([cd/m ²])		건물뷰([cd/m ²])		주행뷰([cd/m ²])	
	CS	PM	CS	PM	CS	PM
상부구조물	-	-	-	-	-	-
상판측면	19.8	18.5	2.8	2.2	-	-
교각	16.8	14.4	1.7	1.8	-	-
주변하늘	0.8	0.5	0.8	0.8	1.8	1.6
강물표면	1.7	1.6	1.8	1.9	-	-
가로등	-	-	-	-	132.0	120.0
도로면	-	-	-	-	5.4	5.9

* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

그림 5. 광진교의 조망유형별 휘도분포 그래프
Fig. 5. The luminance graph of Kwangjin bridge

4.2 올림픽대교의 위도특성

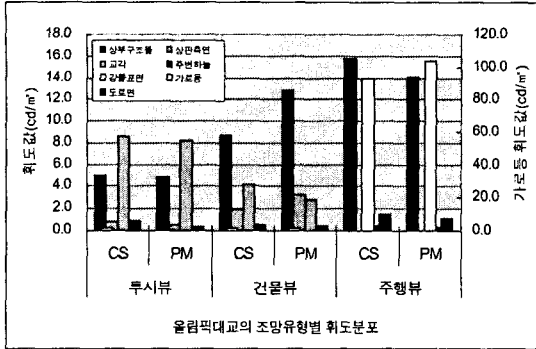
사장교 형식의 올림픽대교는 상부구조에서 주행부(14.1[cd/m²])가 가장 높게 나타났으며, 건물뷰(12.8[cd/m²])와 투시뷰(4.8[cd/m²])가 낮은 순서대로 나타났다.

상판측면은 투시뷰(0.6[cd/m²])의 휘도보다 건물뷰(3.3[cd/m²])에서 높게 나타났으며, 교각은 투시뷰(8.6[cd/m²])의 휘도보다 건물뷰(4.2[cd/m²])에서 낮게 나타났다(표 5, 그림 6 참조).

표 5. 올림픽대교의 조망별 휘도분포
Table 5. The luminance of Olympic bridge

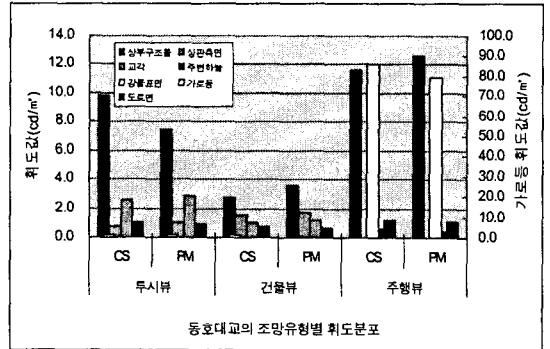
조망점 구성	투시뷰([cd/m ²])		건물뷰([cd/m ²])		주행뷰([cd/m ²])	
	CS	PM	CS	PM	CS	PM
상부구조물	4.9	4.8	8.7	12.8	15.8	14.1
상판측면	0.8	0.6	1.9	3.3	-	-
교각	8.6	8.2	4.2	2.8	-	-
주변하늘	0.9	0.4	0.5	0.4	1.5	1.1
강물표면	1.3	1.1	1.5	1.2	-	-
가로등	-	-	-	-	92.8	103.7
도로면	-	-	-	-	2.9	2.4

* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

그림 6. 올림픽대교의 조망형별 휘도분포 그래프
Fig. 6. The luminance graph of Olympic bridge



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

그림 7. 동호대교의 조망유형별 휘도분포 그래프
Fig. 7. The luminance graph of Dongho bridge

4.3 동호대교의 휘도특성

트러스교 형식의 동호대교의 상부구조는 주행부(12.6[cd/m²])에서 가장 높게 나타났으며, 다음은 투시부(7.4[cd/m²])와 건물부(3.6[cd/m²])의 순서로 나타났으며, 상판측면의 휘도는 투시부(1.0[cd/m²])보다 건물부(1.7[cd/m²])에서 높게 나타났다.

교각은 투시부(2.8 [cd/m²])의 휘도가 건물부(1.2)보다 높게 나타났다(표 6, 그림 7 참조).

표 6. 동호대교의 조망유형별 휘도분포
Table 6. The luminance of Dongho bridge

조망점 측정기기 구성	투시부([cd/m ²])		건물부([cd/m ²])		주행부([cd/m ²])	
	CS	PM	CS	PM	CS	PM
상부구조물	9.8	7.4	2.7	3.6	11.6	12.6
상판측면	0.8	1.0	1.5	1.7	-	-
교 각	2.6	2.8	1.0	1.2	-	-
주변하늘	1.0	1.0	0.8	0.7	1.2	1.1
강물표면	1.1	1.0	1.0	0.8	-	-
가로 등	-	-	-	-	86.2	79.4
도로 면	-	-	-	-	4.3	3.1

* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

4.4 동작대교의 휘도특성

아치교 형식의 동작대교에서 상부구조물의 휘도는 건물부(18.2[cd/m²])가 제일 높고 주행부(14.2[cd/m²])와 투시부(10.5[cd/m²])의 순서대로 낮게 나타났다.

상판측면과 교각은 건물부와 투시부에서 비슷한 휘도값을 나타냈다. 전반적으로 교량구성요소의 휘도분포는 투시부보다 건물부에서 높게 측정되었다(표 7, 그림 8 참조).

5. 조망점 변화에 따른 휘도분포특성 분석

조망유형변화에 따른 교량별 휘도측정에서 광진교는 교량 특성상 상부구조물이 없어 교량구성요소에서 상부구조물의 측정이 제외되었다. 조망점간의 휘도비교는 투시부와 건물부가 교량구성요소에 차이가 없으므로 상호간 비교가 가능하였고, 주행부는 교량내부에 위치한 조망인 관계로 상부구조물 부분만 타 조망과의 비교가 가능 하였다.

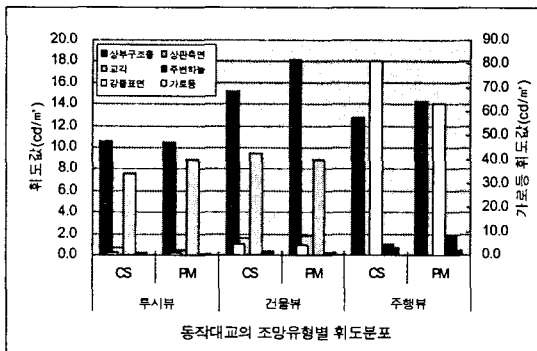
또한 Lightscape v3.2를 통한 광진교의 시뮬레이션은 모델링 작업과 시뮬레이션 특성상 투시부와 건물부의 상판측면과 교각부분, 주행부에서는 도로면만 분석되었고, 휘도분석에서는 현장측정에서 사용된 CS-100과 ProMetric 1400의 결과가 매우 유사한 관계로 ProMetric 1400의 측정값을 중심으로 언급하였다.

조망의 변화에 따른 교량경관조명의 위도특성분석

표 7. 동작대교의 조망유형별 휘도분포
Table 7. The luminance of Dongjac bridge

조망점 측정기기 구성	투시뷰([cd/m ²])		건물뷰([cd/m ²])		주행뷰([cd/m ²])	
	CS	PM	CS	PM	CS	PM
상부구조물	10.6	10.5	15.2	18.2	12.8	14.2
상판측면	0.7	0.5	1.6	1.8	-	-
교 각	7.6	8.8	9.4	8.8	-	-
주변하늘	0.2	0.1	0.3	0.2	0.7	0.5
강물표면	1.2	0.8	4.8	4.1	-	-
가로등	-	-	-	-	81.0	63.0
도로면	-	-	-	-	4.8	8.3

* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

그림 8. 동작대교의 조망유형별 휘도분포 그래프
Fig. 8. The luminance graph of Dongjac bridge

5.1 투시뷰의 교량별 휘도특성

투시뷰에서 ProMetric 1400에 의해 측정된 교량구성요소의 휘도는 상부구조물이 없는 광진교의 상판측면(18.5[cd/m²])과 교각(14.4[cd/m²])이 가장 높은 휘도값으로 나타났다.

상부구조물이 존재하는 올림픽대교, 동호대교, 동작대교의 투시뷰 휘도분포는 동호대교와 동작대교에서 상부구조물이 타 교량구성요소에 비해 휘도가 높게 나타났으며, 올림픽대교는 교각(8.2[cd/m²])에서 높은 휘도를 나타냈다.

올림픽대교, 동호대교, 동작대교의 상판측면은 각

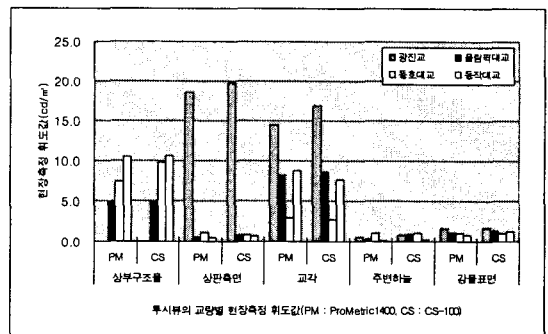
각 0.6[cd/m²], 1.0[cd/m²], 0.5[cd/m²]으로 교량의 다른 구성요소 휘도값 보다 낮게 측정되었다.

이는 상판측면보다 상부구조물을 강조하여 더욱 극대화된 연출을 보이고자 한 것으로 판단되며, 상대적으로 상부 구조물이 없는 광진교는 상판측면이 강조된 것으로 판단된다(표 8, 그림 9 참조).

표 8. 투시뷰의 교량별 교량구성요소 휘도값
Table 8. The luminance of objects by perspective view

조망구분	측정위치	측정기기	광진교	올림픽대교	동호대교	동작대교
상부구조물	PM	-	4.8	7.4	10.5	
	CS	-	4.9	9.8	10.6	
상판측면	PM	18.5	0.6	1.0	0.5	
	CS	19.8	0.8	0.8	0.7	
교각	PM	14.4	8.2	2.8	8.8	
	CS	16.8	8.6	2.6	7.6	
주변하늘	PM	0.5	0.4	1.0	0.1	
	CS	0.8	0.9	1.0	0.2	
강물표면	PM	1.6	1.1	1.0	0.8	
	CS	1.7	1.3	1.1	1.2	

* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

그림 9. 투시뷰의 교량별 교량구성요소 휘도 그래프
Fig. 9. The luminance graph by perspective view

5.2 건물뷰의 교량별 휘도특성

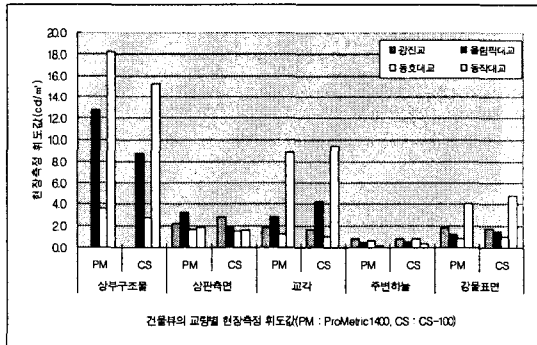
건물뷰의 휘도측정에서 상부구조물이 없는 광진교를 제외하고 올림픽대교, 동호대교, 동작대교의 상부

구조물이 각각 12.8[cd/m²], 3.6[cd/m²], 18.2[cd/m²]로 가장 높은 휘도값으로 나타났다(표 9, 그림 10 참조).

표 9. 건물부의 교량별 교량구성요소 휘도값
Table 9. The luminance of objects by building view

조망구분	측정위치	측정기기	광진교	올림픽대교	동호대교	동작대교
건물부 ([cd/m ²])	상부구조물	PM	-	12.8	3.6	18.2
		CS	-	8.7	2.7	15.2
	상관측면	PM	2.2	3.3	1.7	1.8
		CS	2.8	1.9	1.5	1.6
	교각	PM	1.8	2.8	1.2	8.8
		CS	1.7	4.2	1.0	9.4
	주변하늘	PM	0.8	0.4	0.7	0.2
		CS	0.8	0.5	0.8	0.3
	강물표면	PM	1.9	1.2	0.8	4.1
		CS	1.8	1.5	1.0	4.8

* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

그림 10. 건물부의 교량별 교량구성요소 휘도 그래프
Fig. 10. The luminance graph by perspective view

5.3 주행부의 교량별 휘도특성

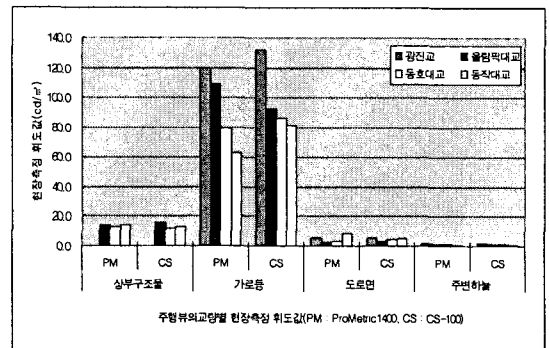
주행부의 휘도측정에서 교량구성요소의 휘도분포는 가로등이 가장 높게 나타나 주행부에서 조명 환경에 가장 많은 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 가로등을 제외하고는 상부 구조물이 올림픽대교, 동호대교, 동작대교에서 각각 14.1[cd/m²],

12.6[cd/m²], 14.2[cd/m²]으로 높게 측정되었다(표 10, 그림 11 참조).

표 10. 주행부의 교량별 교량구성요소의 휘도값
Table 10. The luminance of objects by driving view

조망구분	측정위치	측정기기	광진교	올림픽대교	동호대교	동작대교
주행부 ([cd/m ²])	상부구조물	PM	-	14.1	12.6	14.2
		CS	-	15.8	11.6	12.8
	가로등	PM	120.0	108.7	79.4	63.0
		CS	132.0	92.8	86.2	81.0
	도로면	PM	5.9	2.4	3.1	8.3
		CS	5.4	2.9	4.3	4.8
	주변하늘	PM	1.6	1.1	1.1	0.5
		CS	1.8	1.5	1.2	0.7

* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)



* CS(CS-100), PM(ProMetric 1400)

그림 11. 주행부의 교량별 교량구성요소 휘도 그래프
Fig. 11. The luminance graph by driving view

6. 결 론

본 연구는 투시부, 건물부, 주행부 등 조망유형별 휘도측정을 실시하였다(표 11 참조). 그 결과 상부구조물, 상관측면 그리고 교각의 휘도분포는 광진교와 동호대교에서 투시부가 건물부보다 높게 나타났으며, 건물부의 휘도가 높게 나타난 교량은 올림픽대교와 동작대교로 나타났다. 동호대교는 상부구조물이 있음에도 건물부의 측정거리가 1[km]이상 떨어

조망의 변화에 따른 교량경관조명의 위도특성분석

진 관계로 표면휘도값이 낮게 나타났다.

따라서 조망점 변화에 따라 교량의 경관조명 특성을 분석하면 조망거리에 대한 동일한 조건을 전제로, 상부구조물이 없는 거더교는 투시뷰에서, 상부구조물이 있는 사장교, 아치교는 건물뷰에서 경관조명의 휘도값이 크게 나타났다. 즉 교량의 경관조명은 조망점의 변화에 따라 휘도특성이 다르게 나타나므로, 앞으로 경관조명에서 고려해야 할 사항으로 판단된다.

표 11. ProMetric 1400의 휘도측정값
Table 11. The luminance by the ProMetric 1400

광진교		올림픽대교	
투시뷰		투시뷰	
건물뷰		건물뷰	
주행뷰		주행뷰	
동호대교		동작대교	
투시뷰		투시뷰	
건물뷰		건물뷰	
주행뷰		주행뷰	

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 MI-0300-00-0258)의 연구지 지원에 의한 연구결과의 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.전기설비학회 논문집, Vol.15, No.1, pp.36-43, 2001.1.
- [3] 김희서 외, “컴퓨터 시뮬레이션을 통한 경관조명 데이터베이스 구축에 관한 연구”, 조명전기설비학회 논문집, Vol.16, No.3, 2002.5.
- [4] 문기훈, “자연채광 성능평가 도구로써 LIGHTSCAPE의 효용성 연구”, 경희대학교 박사학위논문, pp.35, 2003.
- [5] 이소미, 최윤석, 김정태 “ProMetric을 이용한 Lightscape 경관조명 시뮬레이션의 유효성 검증”, 조명전기설비학회 학술대회, 2004.11.
- [6] 이소미, 최윤석, 김정태 “ProMetric을 이용한 Lightscape 경관조명 시뮬레이션의 유효성 검증”, 조명전기설비학회 학술대회, 2004.11.
- [7] 홍성욱, “Lightscape를 사용한 조명시뮬레이션”, 서울산업대학교 석사학위 논문, 2001.2.

◆ 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