

조명물리량 측면에서 본 교량의 야간경관 평가

(Luminous Characteristics of Bridge's Nightscape across the Han River)

황태연* · 김정태**

(Tae-Yon Hwang · Jeong-Tai Kim)

요 약

본 연구는 한강교량의 야간경관조명에 관한 조명연출효과를 분석하기 위해 한강교량 8곳을 대상으로 경관조명 현황을 조사하였다. 선행연구를 통해 교량의 경관조명에 있어서 중요한 조명학적물리량 평가요소로 '휘도대비', '색상', '색온도'를 선정하였다. 디지털 광학 계측기인 Radiant Imaging Prometric 1400에 의해 측정된 휘도 · 색온도 · 색도분포 등의 물리량 분석결과, '교량의 구조형식' 및 '조명광원'이 한강교량의 야간경관조명의 물리적 특징에 큰 영향을 미치는 요소로 나타났으며, 특히 '교량의 구조형식'에 따라 강조하는 경관조명의 패턴이 유사하게 나타났다.

Abstract

This study aims to analyze the illumination effects of bridges across the Han River. For the purpose, 8 bridges were selected. Field survey and measurements were performed, and the physical values such as luminance, color temperature and chromaticity were measured by Radiant Imaging Prometric 1400 Color.

The results of the study are as follows; ① Metal halide lamp, sodium lamp and LED(Light Emitting Diode) of various colors, are used in illuminating the bridges and create color contrasts and color changing by color filters. ② Luminance contrast of the illuminated bridges affects on 'modeling' and 'space sense' of bridges, and it might improve people's preference and impression. ③ Color temperature of the illuminated bridges is influenced by 'color of bridge', 'material of bridge' and, 'color temperature and color of light sources'. ④ 'Structure of bridges' and 'luminaires' influence on the physical feature of the bridges. Especially, illumination of the bridges shows resemblant patterns by 'structure of bridges'.

Key Words : Bridge illumination, Chromaticity, Luminance contrast, Color temperature

1. 서 론

* 주저자 : 일본동경대학대학원 건축학전공 박사과정
** 교신저자 : 경희대학교 교수
Tel : 031-201-2539, Fax : 031-202-8181
E-mail : jtkim@khu.ac.kr
접수일자 : 2005년 7월 30일
1차심사 : 2005년 8월 6일
심사완료 : 2005년 8월 22일

한강은 강폭이 넓고 강변을 따라 넓은 고수부지와 올림픽대로 및 강변도로가 있으며, 다양한 구조형식의 교량이 많이 설치되어 있다. 이것은 교량을 비추는 조명이 거주자와 보행자, 운전자에게 시각적인 장애(glare)를 주지 않고, 교량의 구조형태에 따른

다양한 조명기법의 표현과 폭넓은 광원의 선택을 가능케 하여 도시미관을 향상시킬 수 있는 환경적인 장점이라 할 수 있다.

아울러 한강교량의 경관조명은 서울시의 주도 아래 공개경쟁을 통한 야간경관조명의 현상설계가 이루어짐으로써 좀더 다양하고 경쟁력 있는 경관조명의 연출이 가능하게 되었을 뿐만 아니라, 아울러 조명기구에 있어서의 현저한 발전과 기능적·미적 향상도 이러한 요소들을 더욱 충족시켜주고 있다.

그러나 이러한 양적·질적인 눈부신 발전을 거듭하고 있음에도 불구하고 야간경관조명에 관한 명확한 법적 기준과 가이드라인이 미비하고, 또한 그에 따른 정량적인 데이터와 평가가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 야간경관조명이 설치된 한강교량 중 선호도와 인지도가 높은 8곳의 교량을 대상으로 야간경관의 조명물리량을 분석한 것이다. 즉 휘도·색온도·색도분포 등의 조명물리량을 측정·분석함으로써 한강교량의 야간경관조명에 관한 조명연출효과를 평가 하는데 연구 목적이 있다.

2. 이론적 고찰

2.1 야간경관조명의 물리량 평가에 관한 선행연구

야간경관조명의 정량적 평가는 주로 휘도, 색도분포, 색온도, 조도 등의 물리량을 측정하여 분석함으로써 야간 경관조명에 관한 평가가 이루어진다.

이러한 물리량의 측정과 분석을 통해 건축물의 경관조명 설계 기법을 제시(최택진, 2000)하고, 건축물에 대한 경관조명의 연출효과를 분석(안현태, 2001)하며, 도시환경을 대상으로 한 조명실태와 문제점을 파악하여, 경관조명의 개선안을 제시(김정태, 2001)하기도 한다[1-3].

또한 외국의 선행연구에 있어서도 연구대상지역의 야경을 촬영하고 휘도를 측정함으로써 연구대상지역의 조명 실태를 파악하고, 그것을 바탕으로 조명의 개선안 등을 제시(近田玲子, 1996)하는 데 물리량 평가가 이용되고 있다[4].

2.2 정량적 평가를 위한 경관조명이론

조명의 밝기는 휘도와 매우 밀접한 관계가 있다. 경관조명에 있어서 휘도의 차이, 즉 휘도대비(照射)되는 구조물의 이미지를 결정하는 가장 중요한 역할을 한다. 휘도대비에 의해 사물의 명료성은 증가하고(Flynn, J. E., 1978), 대상의 이미지에 대한 흥미와 매력이 증가한다(Hawkes, R. J., 1979) [5-6].

밝기의 차이(Brightness difference)는 조명평가에 있어서 사용자에게 가장 중요한 미적 기준이 된다. 주관적인 정성적 평가에 의하면 휘도대비와 조도대비 모두 1:10이상일 때 미적 판단과 느낌을 받게 되고(Kinkeldey, R., 1990), 최대·최소 휘도비가 적어도 1:15 이상이며 확일적이지 않은 밝기의 패턴을 가질 때 사람들의 선호도는 급격히 증가하고 이미지와 인상에 큰 영향을 미친다(Loe, D. L., 1991)[7][8].

다음의 표 1은 최대 휘도비에 따른 야간경관조명의 조명효과를 보여준다[9].

표 1. 경관조명의 조명효과를 위한 휘도비
Table 1. Luminance Ratio for Illumination Effect

조명효과	최대 휘도비	조명효과	최대 휘도비
주위와의 조화	1:2	강 조	1:5
약한 강조	1:3	강한 강조	1:10

광원색의 따뜻함의 정도는 상관색온도에 대응하고 있어 3,300[K] 이하는 따뜻하게, 3,300~5,000[K]는 중간정도, 5,000[K]를 넘으면 차갑게 느껴진다. 광원색의 느낌은 조도에 의해서도 영향을 받는데, 일반적으로 따뜻한 광원은 저조도에서 선호되고, 조도의 증가와 함께 선호하는 색온도도 높아진다.

또한 색온도와 조도의 조합에 의해서는, 조도가 높고 색온도가 높으면 쾌적한 느낌을 주지만 조도가 낮고 색온도가 높으면 서늘한 느낌, 조도가 높고 색온도가 낮으면 덥고 따분한 느낌을 준다. 따라서 색온도를 조절함으로써 조명되는 건축물의 냉온감에 변화를 줄 수도 있다[10-11].

표 2. 조도와 색온도에 따른 느낌
Table 2. Impression by Illuminance & Color Temperature

조도 [lx]	3,300[K]이하 ← 광원색의 느낌 → 5,000[K]이상		
	따뜻함	중성	차가움
500이하	쾌적함	중성적	차가움
500~1000	↓	↓	↓
1,000~2,000	자극적	쾌적함	중성적
2,000~3,000	↓	↓	↓
3,000이상	부자연적	자극적	쾌적함

2.3 교량의 조명기준

교량의 조명은 운전자에게 피해를 주지 않는 도로 조명과 교량의 조형미와 야간경관을 고려한 경관조명이 동시에 이루어져야 한다.

자동차 교통을 고려한 교량의 도로조명 기준은 약 10~15[lx] 정도이지만, 교량의 경관조명에 대한 법적 기준은 따로 마련되어 있지 않고 단지 권장사항(Recommended practice) 정도만이 제시되고 있어서 교량의 경관조명에 대한 조명설계는 계획단계에서 조명디자이너의 선택에 의해 결정된다.

북미조명학회(Illuminating Engineering Society of North America)와 일본조명학회에서는 외장재료와 반사율, 주위의 환경을 고려하여 투광조명에 의한 야간경관조명의 권장조도를 표 3과 같이 제시하고 있다[12-13].

표 3. 투광조명에 의한 경관조명 권장조도
Table 3. Recommended Illuminance for Floodlighting

표면재	주위의 밝기 명도	주위의 밝기 반사율 (%)	밝음	보통	어두움
			도심부 12[cd/m ²]	적은거리 6[cd/m ²]	어두운 곳 4[cd/m ²]
흰대리석	희다	80	150(lx)	100(lx)	50(lx)
콘크리트	밝다	60	200(lx)	100(lx)	100(lx)
황갈색벽돌	보통	35	300(lx)	200(lx)	150(lx)
암회색벽돌	어둡다	15	500(lx)	300(lx)	200(lx)

우리나라에서도 투광조명에 의한 경관조명의 경우, 한국표준협회 표 4에 의해 주위환경과 반사면에 따른 권장조도가 마련되어 있다[14].

표 4. 한국표준협회 투광조명 권장조도(단위: (lx))
Table 4. Recommended Illuminance for Floodlighting by Korean Standards Association

표면상태	주위의 환경	
	밝은 환경	어두운 환경
밝은 표면	60~100~150	6~10~15
보통 표면	150~200~300	15~20~30
어두운 표면	300~400~600	30~40~60

2.4 교량의 경관조명기법

교량의 경관조명은 교량 주변에 투광기를 설치하거나 난간이나 그 외의 구조물에 투광기를 설치하여 투광조명에 의해 교량전체를 조명하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 조명기구가 눈에 쉽게 띄거나 교량 전체의 그림자가 너무 강하면 불쾌한 인상을 주기 쉬우며, 교량의 기능적인 측면에서 특히 운전자에게 큰 위험요소가 될 수도 있다.

따라서 경관조명을 교량에 적용할 때는 교량의 형태적 특성을 충분히 고려하여 교량의 구조적 아름다움과 주변 환경과의 조화를 이루어야 한다. 또한, 사용할 조명기구의 배광에 대한 선택 및 조명기구의 설치위치와 조사(照射)방향의 조정에도 유의해야 하며, 교량의 종류와 여러 가지 형태에 따라 경관조명의 계획과 기법을 달리해야 한다.

2.4.1 교량의 구조형태에 따른 경관조명기법

교량의 형태를 고려한 조명기법은 크게 3가지 표 5로 분류할 수 있다[13].

표 5. 교량의 구조적 형태에 따른 교량조명기법
Table 5. Illuminating Techniques by Structure of Bridges

직접투광	간접투광	발광-일루미네이션
		

첫째, 직접투광은 교량의 형태 및 디자인적인 특징을 강조하는데 효과적이다. 둘째, 간접투광은 교량

조명물리량 측면에서 본 교량의 야간경관 평가

의 교각과 교량의 내부(실루엣) 및 난간의 라인 등에 간접적으로 투광하여 교량의 분위기를 연출하는데 효과적인 경관조명기법이다. 마지막으로 발광-일루미네이션은 장식의 목적과 함께 교량의 구조미와 외형디자인을 강조하고 활동적인 분위기를 연출하는데 적합하다.

2.4.2 교량의 재질과 기능에 따른 경관조명기법

① Stone Bridge는 딱딱한 느낌의 마감재질과 구조적 디테일 등이 강조될 수 있도록 조명한다.

② Iron Bridge는 개방된 분위기의 연출을 위해 구조물에 액센트조명이 사용된다.

③ Historic Bridge는 역사와 문화의 특징을 보여주는 조명으로 표현된다.

④ Central Bridge는 강의 중요한 지점에 위치하여 이용 빈도가 높은 교량이므로 모든 표면과 디테일에 관하여 강하게 조명한다.

⑤ Bridges outside the center는 저밀도의 주변 환경을 연결하는 길이가 긴 형태의 교량으로, 난간에 조명을 부드럽게 하고 교량의 낮은 위치에는 되도록 조명을 하지 않도록 주의한다[9].

3. 물리량 평가를 위한 기본계획

3.1 야간경관조명 물리량 측정기기의 특징



그림 1. Radiant Imaging Prometric 측정점 설정의 예
Fig. 1. Setting Example of Measuring Points

본 연구에서 물리량의 측정에 사용된 Radiant Imaging Prometric은 휘도, 조도, 색온도, CIE(x, y)와 CIE(u', v') 등의 물리값을 얻을 수 있는 광학장

비이다. 4개의 카메라 필터에 의해 취득한 하나의 이미지는 약 150만개의 측정점이 설정되어있다.

다른 측정기기(CS-100 : 미놀타회도계)와의 거리에 따른 측정값을 비교해 본 결과, 평균 3%이내의 오차범위를 갖고 있어 야간경관조명의 물리량 측정과 분석에 매우 유용한 것으로 나타났다[15].

3.2 연구대상교량의 선정

한강에는 많은 교량이 설치되어 있지만 본 연구에서는 이용 빈도와 인지도가 높은 서울지역의 교량 24곳(대교) 중 야간경관조명이 설치된 교량으로 연구대상의 범위를 한정하였다. 또한 설문조사를 통한 인지도 및 선호도에 따라 8개의 교량을 연구대상으로 선정하였다.

인지도 및 선호도에 관한 설문조사는 H대학교 건축공학과 대학원생 20명과 K대학교 건축공학과 3·4학년 학생 40명을 대상으로 실시하였고, 설문조사방법은 e-mail을 통한 발송과 회수를 통해서 이루어졌다.

표 6. 한강교량의 야간경관조명에 대한 선호도
Table 6. Preference of Illuminated Han River's Bridges

순위	교 량 명	순위	교 량 명
1	방화대교	6	원효대교
2	성산대교	7	동호대교
3	올림픽대교	8	동작대교
4	청담대교	9	신행주대교
5	가양대교	10	한강대교

3.3 연구대상교량의 경관조명현황

연구대상교량의 전반적인 경관조명현황은 다음의 표 7과 같다[16-17].

4. 결과분석

4.1 방화대교

4.1.1 방화대교의 휘도분석

방화대교의 휘도 측정결과, 조명광원이 40.846[cd/

표 7. 연구대상교량의 경관조명현황
Table 7. Illuminating Situation of Bridges for Study

방화대교			동작대교		
주간	야간	야간	주간	야간	야간
조명광원	용량	수량	조명광원	용량	수량
메탈할라이드램프	400[W]	378	메탈할라이드램프	1000[W]	72
				150[W]	240
나트륨램프	250[W]	252		70[W]	240
				12W	288
조명디자인의 경관조명 컨셉			조명디자인의 경관조명 컨셉		
미려하고 웅장한 트러스 구조와 교량의 기능적인 이미지를 부각시키고 형광기의 이차락 현상을 표			수직·수평부재의 입체감과 공간감을 강조하고, 상판과 교각의 자연스런 조화를 표현		
가양대교			동호대교		
주간	야간	야간	주간	야간	야간
조명광원	용량	수량	조명광원	용량	수량
	1800[W]	28	메탈할라이드램프	400[W]	112
	400[W]	88		400[W]	68
메탈할라이드램프	250[W]	124	나트륨램프	250[W]	116
	150[W]	308		150[W]	72
			LED	32W	254
조명디자인의 경관조명 컨셉			조명디자인의 경관조명 컨셉		
역성적 우아한 분위기의 디테일의 섬세함을 표현 하고 온화한 빛의 연출로 미래로 향한 희망을 상			입체감과 색채대비를 통해 하늘과 구름나리를 주 체로 한 '행복한 미래'를 표현		
성산대교			청담대교		
주간	야간	야간	주간	야간	야간
조명광원	용량	수량	조명광원	용량	수량
	2000[W]	36		400[W]	140
메탈할라이드램프	400[W]	144	메탈할라이드램프	300[W]	28
	250[W]	36		150[W]	28
나트륨램프	400[W]	36			
	250[W]	108	Line 조명	(m)	1320
	10[W]	180			
조명디자인의 경관조명 컨셉			조명디자인의 경관조명 컨셉		
적선과 곡선이 조화된 조형미를 강조하고, 원드림 는 경기장과의 context를 고려해 원드림의 환희를 표			조형적인 실무였을 강조하여 역동성과 생동력 있 는 표정을 부여함으로써 도시의 충만한 생명력을 표현		
원효대교			울림대교		
주간	야간	야간	주간	야간	야간
조명광원	용량	수량	조명광원	용량	수량
	1000[W]	44		2000[W]	17
메탈할라이드램프	400[W]	22	메탈할라이드램프	1000[W]	20
	250[W]	224		400[W]	160
				150[W]	16
조명디자인의 경관조명 컨셉			조명디자인의 경관조명 컨셉		
저대교의 직선미와 V자형 교각의 조형성·역동성 을 부각시켜 차가운 남성적인 선의 힘찬 기상을 표현			교량의 중후하고 세련된 미관을 강조하고, 세련년 서울의 이미지 연출과 미래에 관한 소망의 표현		

<자료 출처 : 서울시건설안전관리본부 시설관리2부>

m²의 평균 휘도값을 보였고, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 8과 같다. 이미지 전체의 평균 휘도값은 1.567[cd/m²]로 측정되었다.

표 8. 방화대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 8. Mean of Luminance & Measuring Points of Banghwa Grand Bridge

	주위배경	트러스	조명광원	교각	강물표면
평균휘도값 (cd/m ²)	0.243	3.249	40.846	13.755	0.790
측정점 수 (개)	20	61	42	13	25



그림 2. 방화대교의 휘도 분포도
Fig. 2. Distribution of Luminance

각 요소들 간의 휘도비는 '주위배경-교각(1 : 56.6)', '강물표면-교각(1 : 17.4)', '주위배경-트러스(1 : 13.4)'의 순으로 높은 휘도대비를 보였다.

표 9. 방화대교의 각 구성요소 간의 휘도비
Table 9. Luminance Ratio of Each Elements

	조명광원	교각	트러스	강물표면	주위배경
조명광원	-				
교각	1 : 3.0	-			
트러스	1 : 12.6	1 : 4.2	-		
강물표면	1 : 51.7	1 : 17.4	1 : 4.1	-	
주위배경	1 : 168.1	1 : 56.6	1 : 13.4	1 : 3.3	-

이러한 휘도대비에 의해 시각적 명료성이 증가하여 방화대교의 인지도가 높아지고, 시각적으로 더욱 두드러져 입체감이 표현된다. 또한, 사람들의 선호도와 인상에도 긍정적인 영향을 줄 것으로 유추된다.

4.1.2 방화대교의 색온도분석

방화대교의 색온도 측정결과, 트러스의 색온도는 1,500~3,000[K], 교량의 교각은 3,500~5,000[K]의

조명물리량 측면에서 본 교량의 야간경관 평가

색온도 분포를 보였다(그림 3).

따라서 방화대교의 전체적인 냉온감은 교량의 대부분을 차지하는 트러스에 의해 따뜻한 느낌을 줄 것으로 판단된다.

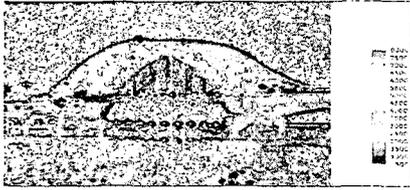


그림 3. 방화대교의 색온도 분포도
Fig. 3. Distribution of Color Temperature

4.2 가양대교

4.2.1 가양대교의 휘도분석

가양대교의 휘도 측정결과, 상판측면이 11.925[cd/m²]의 평균 휘도값을 보였고, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 10과 같다. 이미지 전체의 평균 휘도값은 0.772[cd/m²]로 측정되었다.

표 10. 가양대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 10. Mean of Luminance & Measuring Points of Gayang Grand Bridge

	상판 측면	교각	주위배경 (아파트)	가로등	강물 표면	주위배경 (하늘)
평균휘도값 ([cd/m ²])	11.925	6.912	4.717	0.450	0.117	0.007
측정점 수 (개)	55	8	33	18	21	16

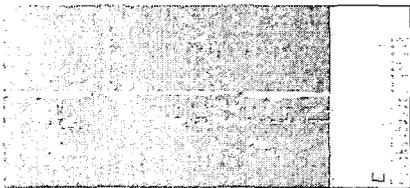


그림 4. 가양대교의 휘도 분포도
Fig. 4. Distribution of Luminance

각 요소들간의 휘도비는 '강물표면-교각(1:59.1)', '가로등-상판측면(1:26.5)', '상판측면-교각(1:1.7)'의 순으로 높은 휘도대비를 보였다(표 11).

표 11. 가양대교의 각 구성요소 간의 휘도비
Table 11. Luminance Ratio of Each Elements

	상판 측면	교각	주위배경 (아파트)	가로등	강물 표면	주위배경 (하늘)
상판측면	-					
교각	1:1.7	-				
주위배경 (아파트)	1:2.5	1:1.5	-			
가로등	1:26.5	1:15.4	1:10.5	-		
강물표면	1:101.9	1:59.1	1:40.3	1:3.8	-	
주위배경 (하늘)	1:1703.6	1:987.4	1:673.9	1:64.3	1:16.7	-

가양대교는 교량의 '상판과 교각'의 휘도대비가 크지 않아 전체적인 입체감이 떨어지지만, 상판의 중간 부분과 양쪽 끝부분에 휘도와 색상의 차를 두어 가늘고 섬세한 거더교의 교량형태를 잘 표현하고 있다.

4.2.2 가양대교의 색온도분석

가양대교의 색온도 측정결과, 교량 상판의 색온도는 1,500~2,500[K], 교량의 교각은 3,500~4,500[K]의 색온도 분포를 보였다(그림 5).

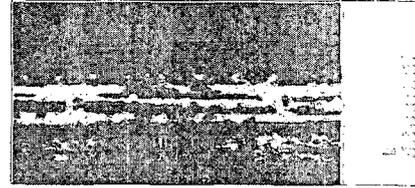


그림 5. 가양대교의 색온도 분포도
Fig. 5. Distribution of Color Temperature

가양대교의 경관조명은 메탈할라이드램프에 핑크색과 보라색을 혼합한 필터를 사용하고 있어서 전체적으로 따뜻한 느낌을 주고 있으며, 특히 교각의 색온도 분포와 적절한 대비를 이루고 있어 교량의 상판부분이 더욱 따뜻하게 느껴지도록 표현되고 있다.

4.3 성산대교

4.3.1 성산대교의 휘도분석

성산대교의 휘도 측정결과, 조명광원(메탈할라이

드)이 62.635[cd/m²]의 평균 휘도값을 보였고, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 12와 같다. 측정된 이미지 전체의 평균 휘도값은 1.863[cd/m²]로 측정되었다(그림 6).

표 12. 성산대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 12. Mean of Luminance & Measuring Points of Seongsan Grand Bridge

	조명광원 (MH)	조명광원 (Sodium)	트러스	가로등	강물 표면	주위 배경
평균휘도값 ([cd/m ²])	62.635	51.679	20.110	2.058	0.969	0.251
측정점 수 (개)	30	27	29	21	18	17

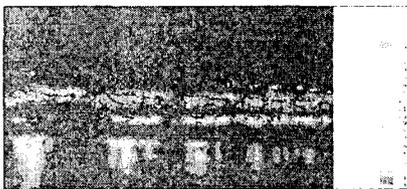


그림 6. 성산대교의 휘도 분포도
Fig. 6. Distribution of Luminance

각 요소들간의 휘도비는 '주위배경-트러스(1 : 80.1)', '트러스-강물표면(1 : 20.8)', '가로등-트러스(1 : 1.7)'의 휘도대비를 보였다(표 13).

표 13. 성산대교의 각 구성요소 간의 휘도비
Table 13. Luminance Ratio of Each Elements

	조명광원 (MH)	조명광원 (Sodium)	트러스	가로등	강물 표면	주위 배경
MH	-					
Sodium	1 : 1.2	-				
트러스	1 : 3.1	1 : 2.6	-			
가로등	1 : 30.4	1 : 25.1	1 : 9.8	-		
강물표면	1 : 64.6	1 : 53.3	1 : 20.8	1 : 2.1	-	
주위배경	1 : 249.5	1 : 205.9	1 : 80.1	1 : 8.2	1 : 3.9	-

성산대교의 경관조명은 트러스와 다른 요소간의 휘도비를 크게 함으로서 교각과 트러스, 주의배경과 트러스가 만들어 내는 실루엣 효과를 통해 입체감을 강조하고 트러스 교량의 구조적 조형미를 표현하고

있는 것으로 분석된다.

4.3.2 성산대교의 색온도분석

성산대교의 색온도 측정결과, 나트륨램프의 트러스 내부는 1,500~2,500[K], 메탈할라이드램프의 아치 부재는 2,500~6,000[K]의 색온도 분포를 보였다.



그림 7. 성산대교의 색온도 분포도
Fig. 7. Distribution of Color Temperature

따라서 성산대교의 냉온감은 트러스 고유의 색상과 트러스 내부에서의 나트륨램프가 교량의 전체적인 느낌을 따뜻하게 만들고, 교량 외부의 아치형 부재를 투광하는 메탈할라이드램프가 강물의 시원함을 표현함으로써 냉온감의 균형을 유지한다고 분석된다.

4.4 원효대교

4.4.1 원효대교의 휘도분석

원효대교의 휘도 측정결과, 조명광원(메탈할라이드)이 87.456[cd/m²]의 평균 휘도값을 보였고, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 14와 같다. 측정된 이미지 전체의 평균 휘도값은 0.882[cd/m²]로 나타났다.

표 14. 원효대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 14. Mean of Luminance & Measuring Points of Wonhyo Grand Bridge

	조명광원 (MH)	가로등	상판측면	교각	강물 표면	주위 배경
평균휘도값 ([cd/m ²])	87.456	13.881	4.009	2.723	0.148	0.033
측정점 수 (개)	9	9	21	30	13	17

각 요소의 휘도비는 '주위배경-상판측면(1 : 121.5)', '주위배경-교각'(1 : 82.5), '강물표면-교각

조명물리량 측면에서 본 교량의 야간경관 평가

(1 : 18.4), '교각-상관측면(1 : 1.5)'의 순으로 높은 휘도대비를 보였다.

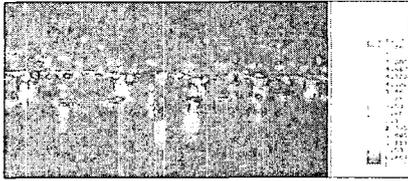


그림 8. 원효대교의 휘도 분포도
Fig. 8. Distribution of Luminance

표 15. 원효대교의 각 구성요소 간의 휘도비
Table 15. Luminance Ratio of Each Elements

	조명광원 (MH)	가로등	상관측면	교각	강물 표면	주위 배경
조명광원 (MH)	-					
가로등	1 : 6.3	-				
상관측면	1 : 21.8	1 : 3.5	-			
교 각	1 : 32.1	1 : 5.1	1 : 1.5	-		
강물표면	1 : 590.9	1 : 93.8	1 : 27.1	1 : 18.4	-	
주위배경	1 : 2650	1 : 420	1 : 121	1 : 82.5	1 : 4.5	-

원효대교는 교량의 상관측면과 교량의 교각이 주위의 배경과 강물표면에 대하여 높은 휘도비를 보임으로서 시각적으로 명확히 인지될 것으로 판단되며, 이것은 원효대교의 야간경관조명 디자인 컨셉과 일치함을 알 수 있다. 반면, 교각과 상관측면의 휘도비는 크지 않아 시각적 구분은 명확하지 않다.

4.4.2 원효대교의 색온도분석

원효대교의 색온도 측정결과, 교량하부와 교각의 색온도는 3,600~6,000[K], 상관측면은 3,000~4,000[K], 교각은 2,500~3,800[K]의 색온도 분포를 보였다.

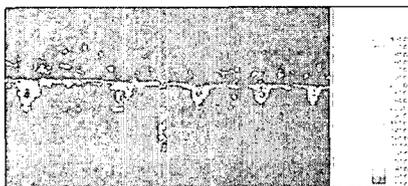


그림 9. 원효대교의 색온도 분포도
Fig. 9. Distribution of Color Temperature

원효대교의 전체적인 특징은 콘크리트가 갖는 재질감과 높은 색온도를 보이는 광원의 특성이 합해져 전체적으로 서늘하고 차가운 느낌을 주며, 이것은 원효대교의 야간경관조명 디자인 컨셉인 "차갑고 남성적인 선의 힘찬 기상"과 부합한다고 할 수 있다.

4.5 동작대교

4.5.1 동작대교의 휘도분석

동작대교의 휘도 측정결과, 주위배경(아파트단지) 4.207[cd/m²]의 평균 휘도값을 보였고, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 16과 같다. 이미지 전체의 평균 휘도값은 0.848 [cd/m²]로 측정되었다.

표 16. 동작대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 16. Mean of Luminance & Measuring Points of Dongjak Grand Bridge

	주위배경 (아파트)	조명광원 (MH)	아치	상관 (LED)	강물 표면	주위 배경	교각
평균휘도값 (cd/m ²)	4.207	2.304	1.935	0.476	0.336	0.189	0.157
측정점 수 (개)	16	34	24	36	21	16	20

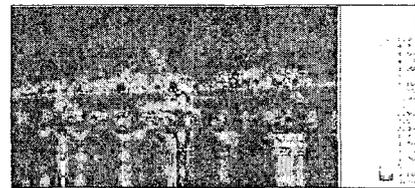


그림 10. 동작대교의 휘도 분포도
Fig. 10. Distribution of Luminance

표 18. 동작대교의 각 구성요소 간의 휘도비
Table 18. Luminance Ratio of Each Elements

	주위배경 (아파트)	조명광원 (MH)	아치	상관 (LED)	강물 표면	주위 배경	교각
주위배경 (아파트)	-						
조명광원 (MH)	1 : 1.8	-					
아 치	1 : 2.2	1 : 1.2	-				
상관LED	1 : 8.8	1 : 4.8	1 : 4.1	-			
강물표면	1 : 12.5	1 : 6.9	1 : 5.8	1 : 1.4	-		
주위배경	1 : 22.3	1 : 12.2	1 : 10.2	1 : 2.5	1 : 1.8	-	
교 각	1 : 26.8	1 : 14.7	1 : 12.3	1 : 3.0	1 : 2.1	1 : 1.2	-

각 요소의 휘도비는 '교각-주위배경(아파트단지)(1 : 26.8)', '교각-아치(1 : 12.3)', '주위배경-아치(1 : 10.2)', '상판 LED-아치(1 : 4.1)' 순으로 높은 대비를 보였다.

동작대교는 교각의 조명을 최소화하여 시각적 명확성을 부여했으며 개별상향조명은 수직부재를 강조한다. 반면, 주위배경(아파트)의 휘도값이 높아 야간경관조명의 효과가 떨어지는 것으로 분석된다.

4.5.2 동작대교의 색온도분석

동작대교의 색온도 측정결과, 메탈할라이드램프에 의해 투광되는 교량의 상부 아치부분의 색온도 분포는 5,500~6,500[K]이고, 교량의 상판측면부분 LED의 색온도는 4가지 패턴의 색으로 변화하는 관계로 측정이 불가능하여 본 논문에서는 배제하였다.

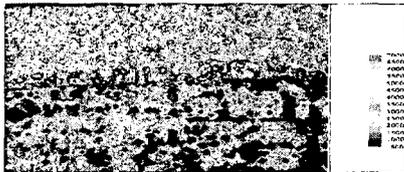


그림 11. 동작대교의 색온도 분포도
Fig. 11. Distribution of Color Temperature

전체적인 냉온감은 광원과 아치의 푸른색이 조합되어 서늘하고 차가운 느낌을 주며, 상판측면의 LED는 냉온감에 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

4.6 동호대교

4.6.1 동호대교의 휘도분석

동호대교의 휘도 측정결과, 교각이 11.028[cd/m²]의 평균 휘도값을 보였고, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 18과 같다. 이미지 전체의 평균 휘도값은 1.280[cd/m²]로 측정되었다.

각 요소의 휘도비는 '주위배경-교각(1 : 36.5)', '상판측면-교각(1 : 35.6)', '주위배경-트러스(1 : 27.6)', '상판측면-트러스(1 : 26.9)', '강물표면-교각(1 : 21.1)'를 보였다.

동호대교의 경관조명은 트러스 내부의 투광조명에 의해 부재간의 명암을 형성함으로써 입체감과 공

간감을 극대화시키는 것으로 분석된다.

표 19. 동호대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 19. Mean of Luminance & Measuring Points of Dongho Grand Bridge

	교각	트러스	강물표면	상판측면	주위배경
평균휘도값 ([cd/m ²])	11.028	8.328	0.523	0.310	0.302
측정점 수 (개)	18	67	9	46	15



그림 12. 동호대교의 휘도 분포도
Fig. 12. Distribution of Luminance

표 20. 동호대교의 각 구성요소 간의 휘도비
Table 20. Luminance Ratio of Each Elements

	교각	트러스	강물표면	상판측면	주위배경
교각	-				
트러스	1 : 1.3	-			
강물표면	1 : 21.1	1 : 15.9	-		
상판측면	1 : 35.6	1 : 26.9	1 : 1.7	-	
주위배경	1 : 36.5	1 : 27.6	1 : 1.7	1 : 1.0	-

4.6.2 동호대교의 색온도분석

동호대교의 색온도 측정결과, 트러스의 색온도는 1,500~3,000[K], 교각1,500~3,000[K], 상판측면(LED)은 8,000[K]이상의 색온도 분포를 보였다(그림 13).



그림 13. 동호대교의 색온도 분포도
Fig. 13. Distribution of Color Temperature

동호대교의 냉온감은 트러스와 교각에 의해 전체적으로 따뜻한 느낌을 주고 있기는 하지만, 트러스와 교각 사이의 상판측면에 설치된 높은 색온도의

조명물리량 측면에서 본 교량의 야간경관 평가

LED가 냉온감의 균형을 유지하는 것으로 판단된다.

4.7 청담대교

4.7.1 청담대교의 휘도분석

청담대교의 휘도 측정결과, 교각이 13.315[cd/m²]의 평균 휘도값을 보였고, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 20과 같다. 이미지 전체의 평균 휘도값은 1.035[cd/m²]로 측정되었다.

표 21. 청담대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 21. Mean of Luminance & Measuring Points of Cheongdam Grand Bridge

	교각	가로등	주위배경 (아파트)	V자형 구조물	강물 표면	주위 배경
평균휘도값 ([cd/m ²])	13.315	8.478	5.437	0.451	0.032	0.002
측정점 수 (개)	27	16	11	50	8	17

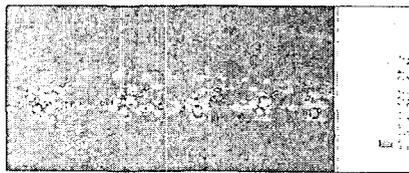


그림 14. 청담대교의 휘도 분포도
Fig. 14. Distribution of Luminance

표 22. 청담대교의 각 구성요소 간의 휘도비
Table 22. Luminance Ratio of Each Elements

	교각	가로등	주위배경 (아파트)	V자형 구조물	강물 표면	주위 배경
교각	-					
가로등	1:1.6	-				
아파트	1:2.4	1:1.6	-			
V구조물	1:29.5	1:18.8	1:12.1	-		
강물표면	1:416	1:264	1:169.9	1:14.1	-	
주위배경	1:6657	1:4239	1:2718	1:225	1:16.0	-

각 요소의 휘도비는 '강물표면-교각(1:416.1)', '주위배경-V구조물(1:225)', 'V구조물-교각(1:29.5)', 'V구조물-주위배경(아파트단지)(1:12.1)'로 나타났다.

청담대교는 상판의 V구조물과 교각이 주위배경에 대해 높은 대비를 보임으로서 조명컨셉인 시각적 조형성과 역동성을 표현하고자 한 것으로 분석된다.

4.7.2 청담대교의 색온도분석

청담대교의 색온도 측정결과, 교각의 색온도는 1,500~2,500[K], 상판측면 V자형 구조물은 3,000~4,000[K]의 색온도 분포를 보였다(그림 15).

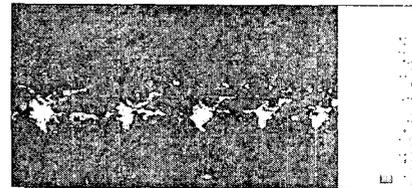


그림 15. 청담대교의 색온도 분포도
Fig. 15. Distribution of Color Temperature

청담대교의 냉온감은 교각의 낮은 색온도 분포의 영향으로 따뜻함이 느껴진다. 하지만 높은 색온도의 V형구조물이 교각의 외부를 감싸고 있음으로서 전체적인 냉온감을 상당히 떨어뜨리는 역할을 하고 있다.

4.8 올림픽대교

4.8.1 올림픽대교의 휘도분석

청담대교의 휘도 측정 결과, 교량의 각 요소에 대한 평균 휘도값은 표 22와 같다. 측정된 이미지 전체의 평균 휘도값은 0.814[cd/m²]로 나타났다.

각 요소간의 휘도비는 '주위배경-주탑(1:6973)', '주위배경-케이블(1:513)', '강물표면-주탑(1:29.5)', '케이블-주탑(1:13.6)'의 순으로 높은 휘도대비를 보였다.

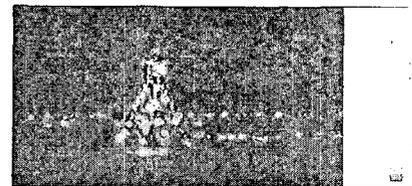


그림 16. 올림픽대교의 휘도 분포도
Fig. 16. Distribution of Luminance

올림픽대교의 야간경관조명은 주탑과 다른 구성요소와의 큰 휘도대비를 통해 올림픽대교의 조명디

자인 컨셉인 “멀리서도 시선을 사로잡을 수 있는 신비롭고 강한 분위기”를 연출하는 것으로 분석된다.

표 23. 올림픽대교의 평균휘도값 및 측정점 수
Table 23. Mean of Luminance & Measuring Points of Olympic Grand Bridge

	조명광원	주 탑	주위배경 (아파트)	케이블	강물 표면	주위 배경
평균휘도값 (cd/m ²)	133.757	13.947	2.327	1.026	0.046	0.002
측정점 수 (개)	5	70	35	14	15	24

표 24. 올림픽대교의 각 구성요소 간의 휘도대비
Table 24. Luminance Ratio of Each Elements

	조명광원	주 탑	주위배경 (아파트)	케이블	강물 표면	주위 배경
조명광원	-					
주 탑	1 : 9.6	-				
주위배경 (아파트)	1 : 57.5	1 : 6.0	-			
케이블	1 : 130.4	1 : 13.6	1 : 2.3	-		
강물표면	1 : 2907	1 : 303	1 : 50.6	1 : 22.3	-	
주위배경	1 : 66878	1 : 6973	1 : 1163	1 : 513	1 : 23.0	-

4.8.2 올림픽대교의 색온도분석

올림픽대교의 색온도 측정결과, 주탑은 5,000~7,000[K], 주탑 상부의 조형물은 3,500~4,000[K]의 색온도 분포를 보였다. 케이블의 색온도 분포는, 케이블이 무척 가늘고 측정을 위한 시각적 구분이 어려워 본 연구에서는 분석을 제외하였다.

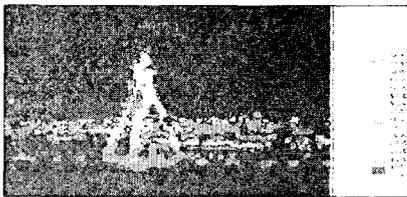


그림 17. 올림픽대교의 색온도 분포도
Fig. 17. Distribution of Color Temperature

전체적인 올림픽대교의 냉온감은 콘크리트 주탑과 메탈할라이드램프에 의해 매우 차갑게 느껴진다. 케이블에 다양한 color filter를 사용하여 주탑과의

균형을 유지하려 하였지만 전체적인 냉온감에는 영향을 미치지 않는 것으로 분석된다.

5. 결 론

한강교량의 야간경관조명에 관한 물리량 평가의 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 한강교량의 경관조명은 Metal Halide Lamp, Sodium Lamp, 다양한 색상의 LED(Light Emitting Diode) 등이 사용되고 있으며, 칼라 필터를 이용한 색상의 변화와 색상대비를 이루고 있다.

② 트러스 구조형식의 한강교량들은 트러스 내부와 외부, 수직부재와 수평부재 사이의 휘도비가 가장 큰 것으로 나타났다. 교량의 트러스와 다른 구성요소간의 평균 휘도비는 33.75[cd/m²]로 교량의 특징인 트러스를 강조함으로써, 구조적인 조형미와 입체감을 살리고 시각적인 인지도를 극대화할 수 있는 경관조명기법을 사용하는 것으로 분석된다.

③ 거더교 구조형식의 한강교량들은 교량의 교각(96.67[cd/m²])과 상판(46.53[cd/m²])의 평균 휘도비가 가장 큰 것으로 나타났다. 교각과 상판을 강조하여 구조적 간결함에서 오는 단순함을 탈피하고자 한 반면, 상판과 교각의 휘도비(1.6[cd/m²])는 대체로 크지 않아 경관조명에 의한 교량 내에서의 구조적인 구분은 명확하지 않은 것으로 분석된다.

④ 아치교 구조형식의 한강교량은 조명 컨셉과는 달리 교량의 아치보다는 교각과 배경이 이루는 휘도의 비(26.83[cd/m²])가 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 아치교는 트러스교에 비해 교량의 구조미가 단순하고 휘도비(10.2[cd/m²])가 낮아 트러스교 보다는 경관조명으로 인한 입체감과 공간감의 효과가 떨어지는 것으로 분석된다.

⑤ 사장교 구조형식의 한강교량은 사장교의 주탑과 케이블이 이루는 조형미를 강조하도록 경관조명이 되어 있다. 특히 주탑은 다른 구성요소와의 현저한 휘도대비(3638.35[cd/m²])를 통해서 시각적인 인지도를 높이고 신비롭고 강한 분위기를 연출하는 조명기법으로 사용되고 있다.

⑥ 교량의 온열감 색온도의 측정값에 의해 평가되는데 한강교량의 경우, 난색과 한색이 명확히 구분되

조명물리량 측면에서 본 교량의 야간경관 평가

어 사용되고 있으며, 색온도는 교량의 색채, 교량의 재료, 경관조명에 사용된 조명광원의 색온도, 조명광원의 색상에 의해 영향을 받는 것으로 분석되었다.

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 M1-0300-00-0258)의 지원에 의해서 연구되었음.

References

- [1] T. J. Choi, "A Basic Study on the Lighting Design Method for Building Exterior in Urban Space", Master's Thesis, 2000.
- [2] H. T. Ahn, "An Evaluation on Exterior Lighting of Historic Buildings", Doctoral Thesis, 2000.
- [3] J. T. Kim, et. al, "An Improvement Plan on Outdoor Lighting of Park in Consideration of Urbanscape", Jour. of AIK, Vol.17 No.3, pp.165~176, 2001. 3.
- [4] Reiko Chikada, et. al, "The Survey on the Outdoor Lighting of the 2nd highway in Okayama", Jour. of IEJ, Vol. 80, No. 10, pp. 754, 1996.
- [5] J. E. Flynn, G. J. Subisak, "A Procedure for Qualitative Study of Light Level Variations and System Performance", Jour. of IES, Vol.8, pp.28-35, 1978.
- [6] R.J. Hawkes, D. L. Loe, E. Rowlands, "A Note Towards the Understanding of Lighting Quality", Jour. of IES, Vol.8, pp.111-120, 1979.
- [7] R. Kinkeldey, D. Loe, A. W. Stockmar, "Subjective and Objective Illumination Data Collection in Offices", Proceedings of the CIBSE National Lighting Conference, pp.137-144, Cambridge, 1990.
- [8] D. L. Loe, K. P. Mansfield, E. Rowlands, "Light Patterns and Their Relevance to Spatial Appearance and the Quality of the Lit Environment", CIE Proceedings, 22nd Session, pp.41-44, Melbourne, 1991.

- [9] Y. S. Choi, "City Beautification Improvement of Metropolitan Waterfront by Lighting at Night", Master's Thesis, pp.23, 2002.
- [10] H. K. Choi, et. al, "Lighting Facilities & Design", Seongandang, pp.5~6, 2002.
- [11] "Textbook of Qualification for Lighting Designer", K.I.I.E.E., 2002.
- [12] "IES Lighting Handbook", IES, Vol.2, pp.12-2, 2001.
- [13] "Technique of Landscape Lighting", IEJ, pp.6~15, 1998.
- [14] "KS Lighting Handbook Vol.1 Lighting", Korean Standard Association, pp.218~236, 2000.
- [15] T. Y. Hwang, "An Evaluation on Illuminating of Han River's Bridges", Master's Thesis, PP.59~60, 2004.
- [16] "Lighting & Interiors", Vol 6 · 7pp.117, 2001.
- [17] "International Lighting Review", Philips Lighting, Vol.022, pp.2, 2002.

◆ 저자소개 ◆

황태연 (黃泰然)

1974년 8월 22일생. 2002년 경희대학교 공과대학 건축공학과 졸업. 2004년 경희대학교 일반대학원 건축공학과 졸업(석사). 2004년~현재 일본동경대학대학원 공학계연구과 건축학전공 박사과정.

김정태 (金正泰)

1953년 1월 18일생. 1977년 연세대학교 건축공학과 졸업. 동. 대학 1979년 공학석사. 1985년 공학박사 학위를 취득. 1986~1987년 영국 캠브리지대학교 박사후연구원. 현재 경희대학교 건축공학과 교수 겸 채광조명시스템연구센터(과학기술부 국가지정연구실)소장.
Tel : (031)201-2539,
E-mail : jtkim@khu.ac.kr.