

조/명/설/계/사/례

# 광안대교 경관조명 시안

김연주 <남서울대학교 환경조형학과 교수>

## 1. 서론

현대의 조명은 단지 활동하는데 필요한 조도를 제공하는 기능적 필요와 에너지 절약의 차원에서 접근되어졌던 시대를 지나 보다 적극적인 방법으로 건축을 표현하고 도시의 이미지를 만드는 역할을 하고 있다. 여러 국가의 다리조명의 사례를 보면 다리의 형태와 조명방식이 민족적, 문화적 특성을 담고 있는 것을 알 수 있다. 유럽의 교량조명이 정확한 광학적 데이터에 근거하여 교량의 건축미를 강하게 보여준다면 일본의 교량조명은 점광원과 색채연출을 위주로 하여 다양하고 연출 개념이 강한 조명을 보여준다. 교량의 조명은 조형적 아름다움을 표현하는 디자인적 측면과 도로교통을 위한 조명의 기능적 측면이 경중없이 중요하게 고려되어야 한다. 이러한 관점에서 부산시가 대규모의 세계적 관광단지를 조성하기 위해 진행하고 있는 수영만부지 개발계획의 일환으로 추진하는 광안대교의 경관조명을 통해 한국적/지역적 정체성(identity)을 표현하며 쾌적하고 안전한 도로환경을 제공하는 조명계획을 설계/제안하고자 한다.

## 2. 설계개요 및 환경분석

### 2.1 설계개요

- (1) 위치 : 부산광역시 수영구 남천동 49호 광장
- (2) 사업기간 : 1994년 12월 - 2002년 6월
- (3) 규모 : 현수교 900m, 접속교 6,520m, 총연장 7.42Km, 폭 18-25m, 2층구조 8차선
- (4) 설계범위 : 현수교 및 트리스교 구간 경관조명 광안대로 전구간 도로조명
- (5) 설계조건 : 도로구분-자동차 전용도로  
설계속도-시속 80Km  
설계하중-내진 1등급 교량  
풍속-67-71m/sec

### 2.2 환경분석

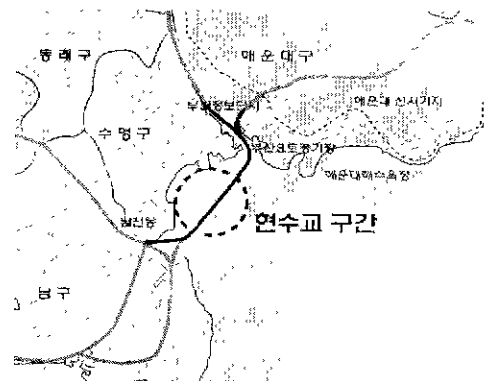


그림 1. 광안대로 주변지역도

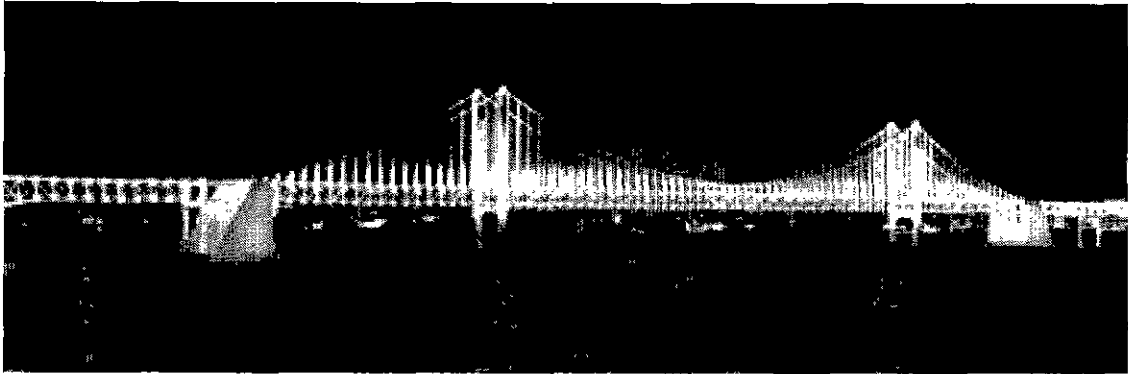


그림 2. 컴퓨터 시뮬레이션 (축제일 조명 연출: 파란색 필터 장착)

광안대교는 항만물류가 가능하며 많은 관광자원을 가지고 있는 부산시의 대표적 위락지구의 하나인 광안리 해수욕장에 위치한다. 광안대교의 시계를 보면, 고지대인 장산과 횡령산에서의 원거리 시점과 저지대인 광안리 해수욕장 및 광안리 일대 주거지역에서의 중거리 시점 그리고 광안리 해안도로로부터 진입하는 근거리시점이 주요 시계이다.

### 3. 조명 설계 기본개념

이 글에서는 이해를 쉽게 하기 위해 경관조명과 도로조명으로 구분하여 기술하였으나 실제로는 이 두 가지가 연계성을 가지면서 동시에 설계되어졌다.

#### 3.1 경관조명

교량의 건축적 조형미를 표현하며 도시의 랜드마크(landmark)로서 상징성과 가시성을 갖도록 설계하였다. 광안대교는 수평적 요소인 교량 본체, 수직적 요소인 주탑과 보조케이블 그리고 곡선적 요소인 주케이블로 이루어져 있는 현수교이다. 교량의 본체와 반복되는 보조케이블이 이루어내는 수평적 구조의 조명을 통해 교량의 구조적 안정감을 부여하며 하늘과 바다가 만나서 이루어내는 완벽한 형태적 조화인 수평선에 겹쳐지는 또 하나의 수평구조를 만들어냄으로써 '아침의 나라'의 '모닝칼름(morning calm)' 이미

지를 표현하였다. 안정적인 수평구조에 아침햇살을 반사하는 바다의 작은 움직임은 보는 듯한 반짝임을 더하여 시각적인 유희를 제공하며 수평성을 더욱 강조였다. 수평구조를 따라 배열된 이 점광원은 강하게 드러나지 않으면서도 보석처럼 빛나는 반짝임으로 한국적 아름다움을 보여준다.

수평적 요소들을 지지하는 균형요소인 주탑을 입체적으로 표현하여 교량의 전체 구조를 입체적이고 안정적으로 표현하였다. 또한 주탑의 상부를 강조하는 조명을 통해 상승적 이미지를 부여하며 원거리에서의 조망을 위한 시각적 초점부를 제공하였다. 백색의 플러드(flood)를 기본 조명으로 설정하되 파란색 필터를 장착한 기구를 설치하여 주말, 공휴일, 축제기간 등 특별한 날에는 평소와 다른 분위기를 연출하도록 계획하였다.

보조케이블과 주탑을 연결하는 곡선적 요소인 주케이블은 부산시의 상징물인 갈매기의 날개 곡선을 표현한 건축적 상징성을 가지고 있다. 한국적인 곡선미를 가지고 있는 주케이블은 조형적으로 주요한 요소이면서 원형 파이프이기 때문에 조명하는데 기술적인 어려움이 있으므로 신중히 설계되었다. 원형의 파이프는 어느 한 면에서 조명했을 때, 파이프의 반대면은 빛이 도달하지 못하므로 보는 시점에 따라서 형태가 왜곡된다. 주케이블을 아래에서 상향조명하게 되면 케이블의 윗면이 그림자 영역에 포함되므로 원

거리 내지 고지대 시점에서는 주케이블의 조명효과를 인지할 수 없으며 근거리에서도 주케이블의 아랫면을 보는 시점이 아니라면 시각적인 효과를 기대하기 어렵다. 게다가 주어진 곡선을 적나라하게 밝혀주는 것보다는 부분적으로 강조했을 때 유리한 곡선미가 더 자연스럽게 표현되며 갈매기의 날개짓을 느낄 수 있을 것이다. 조명을 통해서 주간에 보여지는 그대로의 구조들을 재현하는 것이 아니라 밝음과 어두움의 구성을 통해 감추어진 부분의 무한한 가능성과 아름다움을 창조하고자 하였다.

조명설계를 진행함에 있어 실현되어질 결과를 정확히 예측하는 일은 실현되었을 때 발생되어질 문제점들을 예측하고 그 해결방안을 모색하는 새로운 디자인 과제를 도출킬 수 있다는 점에서 매우 중요한 디자인 프로세스라 할 수 있다. 기본/계획설계 단계를 거치면서 이론적 배경과 경험을 바탕으로 전개해 온 조명설계의 실현결과를 컴퓨터 시뮬레이션(그림2), 그리고 모형제작 및 조명 테스트(그림3.1-3)를 통해 검증하였으며 새로운 사고의 도출을 유도하였다. 컴퓨터 시뮬레이션은 인위적인 과장이 불가피하며 특히 빛의 느낌을 표현하는데 한계가 있고 모형 테스트는 축소 모형을 이용하므로 광원의 크기, 광량등을 동일한 비율로 축소하는데 어려움이 있어 전체적인 이미지를 보여줄 수는 있으나 정확도는 떨어지는 단

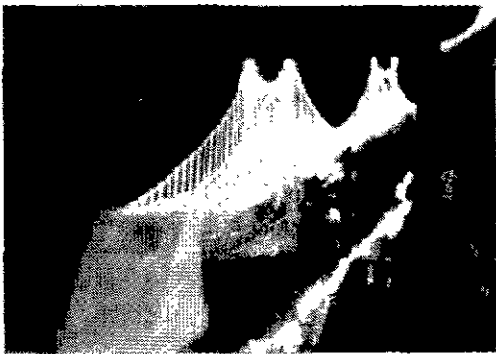


그림 3.1 모형 테스트

- (1) 상시조명
- (2) 주탑 상부 액센트조명  
(Blue filter 장착)



그림 3.3 모형 테스트-축제일 조명

- (1) 주탑 상향조명(Green filter 장착)
- (2) 주케이블 중심부 상향조명  
(Pink filter 장착)



그림 3.3 모형 테스트- 축제일 조명

- (1) 주탑 상향조명(Blue filter 장착)
- (2) 주케이블 중심부 상향조명  
(Green filter 장착)

점이 있다. 따라서 이 두가지 방법을 병행한다면 보다 실현 결과물에 근접한 상태를 예측할 수 있을 것이다.

모형 테스트는 현수교부분을 1/400 축소 제작하였으며 광섬유를 설치하여 투광조명 및 점조명 효과를 테스트하였으며 축제기간 혹은 기념일등을 위해 계획되어진 컬러필터를 장착한 조명기구들에 의한 장면을 연출하기 위해 3대의 조광기를 사용하였다. 밤 바다에 반사되어진 현수교의 반사이미지를 보여줄 수 있도록 모형의 받침대는 특별히 제작되었다. 원거

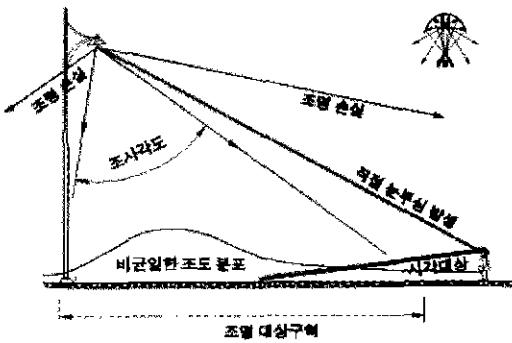


그림 4.1 직접조명방식의 일반적 가로등 조명

(상) 입면 설명도  
(하) 조도 분포도

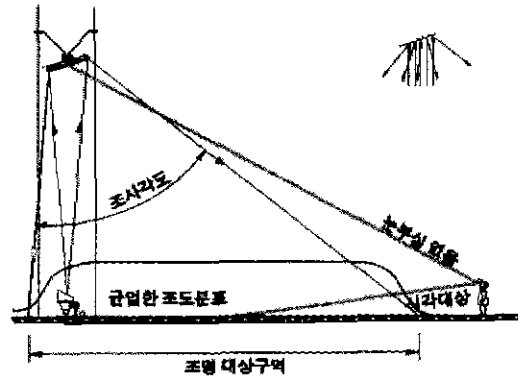


그림 4.2 간접조명방식의 모듈러 반사판 조명

(상) 입면 설명도  
(하) 조도 분포도

리와 근거리 그리고 현수교로 진입하는 차량의 시점 등 다양한 시점에서 비디오 촬영하여 실제로 이용자가 경험하게 될 환경을 예측하였다. 다양하게 연출/촬영된 결과물 중 일부분을 게재하였다.

### 3.2 도로조명

도로조명은 주보행자의 생명과 직결되므로 반드시 운전자의 즉각적인 인지와 반응이 가능한 시각환경을 제공할 수 있어야 한다. 안전한 주행환경을 제공하기 위한 조명을 설계함에 있어서 조도를 마치 절대적 기준인 것처럼 중요시하는 경우가 대부분이지만 실제로 인간의 시지각활동에 있어서는 수치적 조도가 절대적인 조건일 수는 없다. 시각범위 내의 밝기의 대비, 균제도, 그림자, 글레어(glare) 그리고 주

변환경과의 대비 등 많은 요소들이 중요하게 작용한다. 따라서 이러한 여러 요소들을 잘 컨트롤할 수 있으며 또한 차후 관리가 원활히 이루어지지 못하는 우리나라의 현실에 맞도록 유지·보수가 용이하고 전력 사용면에서 경제적 효율성이 높은 조명방식을 설계하였다.

일반적인 도로조명방식인 직접조명방식의 가로등(그림4.1)은 높은 전력의 점광원에 의해 넓은 영역을 조명하여야 하므로 높은 휘도의 광원 노출로 심한 직접글레어(direct glare)를 일으켜 시각장애를 일으킬 수 있으며, 우천시 젖은 노면에 형성되는 점광원의 반사이미지에 의해 간접글레어(reflected glare)가 발생된다. 또한 도로면 조도의 균제도가 떨어지며(그림 4.1(하)) 직접조명에 의한 강한 그림자가 형성되

로 조도레벨이 높더라도 물체의 가시성이 저하되며 운전자는 시각적인 피로감을 느끼게 된다.

모듈러 반사판 조명방식(그림 4.2)은 하부에 설치된 광원에 의해 상향조명한 빛을 모듈로 이루어진 반사판을 이용하여 계획되어진 배광으로 재조사하는 조명방식이다. 광원을 차폐시키므로 높은 휘도의 광원에 의한 직접글레어(direct glare)가 없으며 넓은 면적의 발광면 즉 반사판을 통한 조명이므로 반사이미지에 의해 발생하는 간접글레어(reflected glare)도 최소화할 수 있다. 확산되는 고른 배광으로 도로면 조도의 높은 균제도를 유지할 수 있으며(그림 4.2 (하)) 강한 그림자가 생기지 않으므로 형태의 왜곡이나 시정보의 손실이 발생하지 않는다. 상대적으로 조도레벨이 낮더라도 눈부심이 없고 균제도가 높으므로 가시성이 높고 쾌적한 시각환경을 제공한다.

또한 보수/유지 측면에서 볼 때 그림 4.1의 직접조명방식의 가로등은 헤드(head)를 내리거나 등주를 기울이는 등의 램프 교체방식으로 인해 별도의 보수시설이나 보수인력이 필요하게 되므로 관리비용이 상승하게 되지만 그림 4.2의 모듈러 반사판 조명방식은 도로면의 높이에서 직접 램프교체가 가능하므로 유지·보수비용을 최소화할 수 있다. 기능성과 경제성에서 우월성을 가진 모듈러 반사판 조명방식을 적용하여 종래의 일반적인 가로등이 가지고 있는 많은 문제점들을 해결하였다.

## 4. 구간별 조명설계

### 4.1 현수교 구간

광안대교 경관 전체에서의 구조적인 균형을 유지시켜주는 건축적 요소인 주탑은 메탈할라이드(Metal Halide) 1000[W] 투광기를 상부도로면에 설치하여 상향조명하고 메탈할라이드 150[W]투광기를 주케이블에 설치하여 주탑상부를 액센트 조명하여 상승적 이미지를 표현하며 시각적 명료성을 부여하였다. 주탑은 입체적으로 표현하기 위하여 전면과 측면의 조도를 밝기의 차이를 육안으로 구분할 수 있는 비율

인 3:1로 차이를 두어 조명하였으며 현수교 전체 경관에서 강한 축을 이룰 수 있도록 설계하였다. 곡선구조인 주케이블은 주탑 주변부와 주케이블의 곡선이 다리와 가장 가깝게 만나게 되는 현수교의 중간부분만을 조명하여 풍부한 공간감과 형태적 역동성을 부여하였다. 높이의 차이와 주변과의 밝기 대비를 고려하여 주탑 주변 각 40[m]내의 주케이블은 1000[W], 현수교 중간부분은 250[W]메탈할라이드 투광기로 상향조명하였다.

각각의 보조케이블 바닥면에 설치되어진 메탈할라이드 250[W] 투광기(기호: FM-1)로 각각의 보조케이블을 상향조명하여 반복되는 수직선에 의해 형성되는 수평선을 표현하는 경관조명의 역할과 동시에, 각각의 보조케이블에 설치되어진 모듈러 반사판(modular reflector)에 의해 상부도로로 재조사되어 눈부심이 없고 균일한 조명환경을 제공하는 도로조명의 역할을 하도록 설계하였다. 하부도로에서도 동일하게 직/간접조명의 혼합방식으로 트러스 하단외부에 설치되어진 메탈할라이드 250[W] 투광기(기호: FM-1)로 트러스 구조를 상향조명하여 수평성을 표현하며 동시에 하부도로천정면에 설치되어진 모듈러 반사판에 의해 재조사되어진 빛으로 도로조명역할을 수행하도록 설계하였다(그림 5).

현수교의 상/하부도로와 트러스교 및 강상판 구간의 하부도로에서 사용된 모듈러 반사판(modular reflector)은 여러 개의 소형 셀(cell)로 이루어져 계획

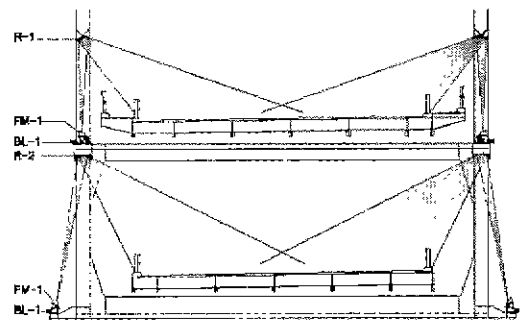


그림 5. 현수교 구간 단면도

된 배광으로 빛을 재조사하는 시스템으로서 상부도로에는 10[m] 간격으로 배치된 보조케이블을 이루는 4개의 케이블 중앙에 지름 600[mm]의 원형 모듈러 반사판을 설치하였고 하부도로에는 트러스 구조와 접하는 도로천정면에 600[mm] × 600[mm]의 사각형 반사판을 설치하여 건축구조와 일체화되도록 디자인 되었다. 특히 상부도로의 반사판은 4개의 케이블에 매다는 방식으로 강한 해풍에 의한 충격을 완화시킬 수 있도록 탄력성 있는 조인트(joint)를 이용하여 설치하도록 설계하였다(그림 6).

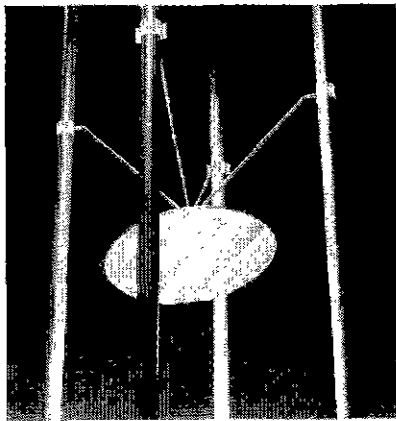


그림 6. 상부도로 반사판 설치도

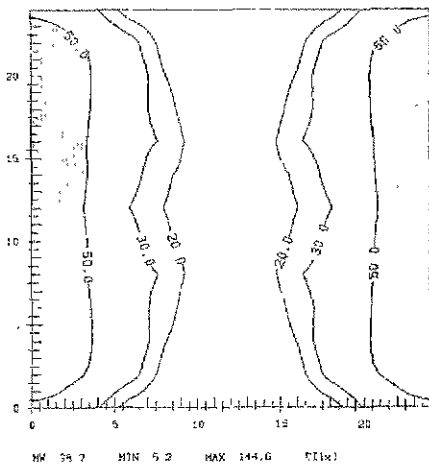


그림 7. 조도분포도

메탈할라이드 250[W] 광원과 모듈러 반사판을 10[m]간격으로 설치하여 조명된 도로면의 조도분포를 계산한 것으로 평균조도 38[Lux]이며 광원 설치 지점 사이의 높은 조도분포의 균제도를 보여준다(그림 7).

반복되는 수직구조인 보조케이블과 수평구조인 트러스를 조명하여 표현한 안정적 구조의 메스(mass)에 에너지와 생명력을 더하기 위한 조명요소로서 점광원을 배치하였다(그림 5). 점광원인 파란색 발광다이오드(L.E.D.:Light Emitting Diode, 기호:BL-1)를 현수교와 트러스교에는 10m 간격으로 배치하고 강상판교에는 가로등과 동일한 간격인 30m 간격으로 배치하여 응집되어진 에너지가 외부로 이완되어지는 자연스러운 힘의 이동을 보여주어 전체 경관에 현수교를 중심으로 안정감과 균형감을 부여하였다. 발광다이오드는 약 100,000시간의 반영구적 수명을 가지고 있으며 가시성이 높고 기구당 6[W]로 소비전력도 적으며 비교적 염분과 수분에도 강한 기구이므로 광안대교의 자연환경을 고려하여 선택하였다.

표 1. 교통량이 많은 중속 혼합도로에 대한 KS와 IESNA의 기준과 트러스교 및 강상판구간의 조도분포

	KS	IESNA	트러스교 및 강상판구간
평균노면휘도	2 cd/m <sup>2</sup>	1 cd/m <sup>2</sup>	2 cd/m <sup>2</sup>
총합균제도 U <sub>0</sub> <sup>1)</sup>	0.4	0.3	0.6
차선축 균제도 U <sub>1</sub> <sup>2)</sup>	0.5	-	0.6
평균 조도	10 Lx	14 Lx	27 Lx

<sup>1)</sup> 노면상의 최소 휘도와 평균 휘도의 비

<sup>2)</sup> 차선의 중심선 상에서의 최소 휘도와 최대 휘도의 비

#### 4.2 트러스교 및 강상판 구간

트러스 구조의 상하부에 설치되는 발광 다이오드(L.E.D.:Light Emitting Diode)와 상향조명된 하부도로의 트러스 구조를 통해 수평성과 안정성을 표현하였다. 하부도로는 현수교와 동일한 방식으로 조명하였으나 상부도로는 현수교와 달리 보조케이블이 없

으므로 반사판의 설치가 어려우므로 가로등 조명이  
 었다(그림 8).

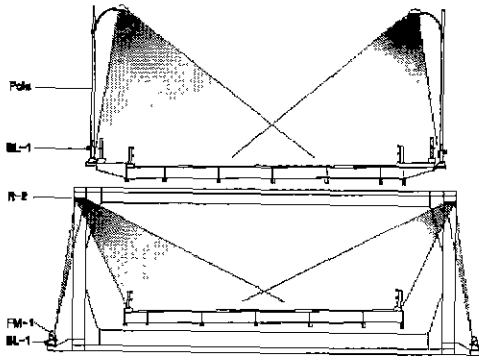


그림 8 트러스교 구간 단면도

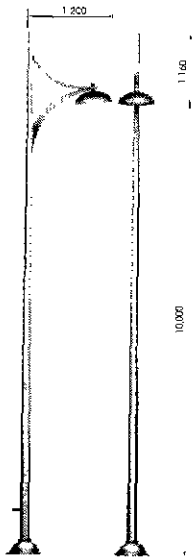


그림 9. 가로등

광안대로의 조형적 특성인  
 주케이블과 주탑의 곡선을  
 형태적 모티브로 하는 가  
 로등을 디자인하여, 주간에는  
 조형물의 역할을 할 수  
 있도록 하였다(그림 9). 앞  
 에서 설명되어진 직접조명  
 방식의 문제점등을 해소할  
 뿐 아니라 모듈리 반사판  
 조명방식을 사용하는 현수  
 교부분으로의 진입과 통과  
 후에 시각적인 혼란이 생  
 기는 것을 막기 위해 유사  
 한 조명환경을 제공할 수  
 있는 간접조명방식의 가로  
 등을 디자인하였다. 그림10에서 보여주는 바와 같이  
 광원을 1차 반사판이 감싸 직접눈부심을 제거하였고  
 2차 반사판에 의해 도로면으로 빛을 고르게 재조사  
 하는 간접조명방식으로 설계하였다.

표1은 KS와 IESNA의 권장 기준과 메탈할라이드  
 250[W]를 광원으로 하는 가로등을 30[m] 간격으로

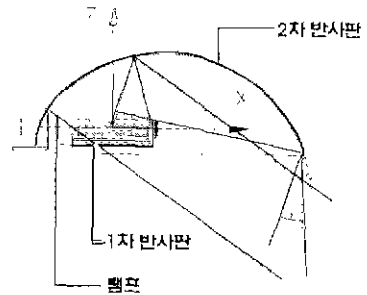
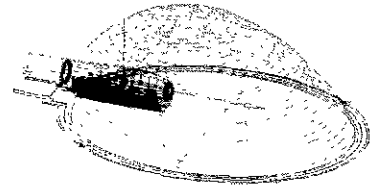


그림 10. 가로등 헤드(head) 구조도

배치하여 조명된 도로면의 조도분포를 보여주는 것  
 이다. 도로의 평균조도 27[Lux]는 권장조도에 비해  
 높은 것을 볼 수 있는데 이는 평균 5-10 [Lux]정도  
 인 일반도로에서 평균조도 38[Lux]인 현수교부분으  
 로 진입하면서 일어나는 순응을 원활히 하도록 설계  
 되어진 것이며 균제도가 권장기준보다 높은 것을 알  
 수 있다.

## 5. 결 론

본 고에서는 도시의 또 하나의 얼굴로 등장하고  
 있는 야경을 디자인함으로써 부산시민에게는 자긍심  
 을, 관광객에게는 새로운 시각적 경험과 추억을 안겨줄  
 뿐만 아니라 이용자들의 시각활동을 위한 최적의 조  
 건을 제공하여 쾌적하고 안전한 주보행환경을 제공  
 하는 조명의 역할과 가능성, 그리고 디자인 과정을  
 보이교자하는 목적으로 광안대로의 경관조명 시안을  
 기술하였다.

환경을 조명함에 있어 단순히 존재하는 구조를 그

참고 문헌

- [1] KS 도로조명기준, KS A 3701-1991
- [2] IESNA, "Lighting handbook", 8/e, 1993

대로 보여주는 역할에 그치지 않고 다리의 건축적 아름다움과 환경적 정체성(identity)을 표현하기 위한 조명 자체의 컨셉(concept)을 가지고 접근되어야 한다. 그리고 이 개념을 실현하기 위해서는 인간의 시지각 활동과 광학적 특성에 대한 이해를 바탕으로 한 생물학적/심리학적 접근과 조명의 기술적 접근이 동시에 이루어져야 한다. 또한 보수유지가 문제점으로 나타나는 우리나라의 현실을 감안하여 기구의 보수와 램프교체의 용이성 그리고 소비전력량과 같은 경제적 측면 또한 신중히 고려되어야 실효성있는 조명설계가 될 수 있다.

이 설계를 진행하면서 간접조명을 위한 기술적 협조는 독일업체를 통해서 받을 수 있었다. 국내에서는 간접조명을 위한 반사판은 물론이고 배광조절형 조명기구의 반사판에 대한 연구도 미비한 실정인어서 기술적 협조에 대한 아쉬움을 다시 한번 느꼈다. 이제까지는 조명디자인 자체에 대한 인식을 확산시키는 시기였지만 이제는 인간과 빛에 대한 이해를 바탕으로 좋은 환경을 제공하기 위한 조명디자인에 대한 좀더 심도있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

◆ 著 者 紹 介 ◆



김연주(金延柱)

1971년 3월 6일생. 1995년 서울대학교 산업디자인과 졸업, 1997년 미국 뉴욕 Parsons School of Design 대학원 Architectural Lighting Design 과 졸업(석사), 1999년 CRELUX Lighting Design 설계실 팀장, 현재.

남서울대학교 환경조형학과 교수, IESNA 정회원