

ProMetric을 이용한 Lightscape의 경관조명 시뮬레이션 유효성 검증 (Validation of Lightscape as Outdoor Lighting Simulation with ProMetric)

이소미* · 최윤석** · 김정태***

(So Mi Yi, Yoon seok Choi, Jeong Tai Kim)

* 경희대학교 건축공학과 석사과정, ** 경희대학교 건축공학과 박사과정, *** 경희대학교 건축공학과 교수

요 약

야간 경관조명을 계획 및 평가하는데 필요한 물리량의 측정기법이나 컴퓨터 시뮬레이션의 유효성에 대한 검증이 미흡한 상황이다. 이에 본 연구 경관조명에 많이 사용되는 대표적 프로그램인 Lightscape 3.2의 유효성을 Radiant Imaging ProMetric 1400을 이용하여 검증한 것이다. 교량의 7개 부분에 대한 평균 휘도값을 비교한 결과 Radiant Imaging ProMetric 1400에 의한 물리량 측정값과 Lightscape 3.2의 컴퓨터 시뮬레이션 값 사이에는 상대오차율이 평균 8.3%로 나타나, Lightscape 3.2가 경관조명의 사전 시뮬레이션 도구로써 매우 유효한 것으로 나타났다.

1. 서 론

도시의 야간경관이 풍요롭고 아름다운 사회의 이미지를 대변하는 요즘 경관조명의 관심과 관련 사업이 증대되고 있다. 우리나라의 경우 지난 10여 년간 서울을 중심으로 야간의 도시환경을 개선하고 미관을 향상시키기 위하여 사전연구를 통한 정책적인 계획안을 토대로 점진적으로 각종 상징물과 도시의 대표적인 건축물들에 적용되어지고 있다.

서울의 대표적 경관 중 하나인 한강은 동에서 서로 서울의 중심을 흐르며 주간과 야간에 걸쳐 서울시민의 휴식과 레저활동을 위한 장소로서 각광받고 있어 연구대상으로써 지역적 대표성을 충족시켜주고 있다.

또한 한강 상에는 24개의 교량이 다양한 구조형식으로 위치하고 있으며 현재 경관조명이 설치된 교량은 14개이다. 야간경관 조명에 대해서는 정책당국이나 시민들의 관심이 높는데 비해 아직 학문적 연구는 초기단계로써 경관조명을 계획 및 평가하는데 필요한 각종수법에 대한 유효성 검증이 미흡한 상황이다.

따라서 경관조명을 계획하고 예측하며 평가하는데 사용되는 대표적 프로그램인 Lightscape 3.2의 유효성을 검증할 하는 것이 본 연구의 목적이다.

이를 위하여 새로운 측정기기인 Radiant Imaging ProMetric 1400을 이용하여 서울의 대표적 교량인 잠실대교의 조명량(휘도분포 및 색온도)을 측정하였다. 이 결과를 Lightscape 3.2의 시뮬레이션 결과(휘도분포)와 비교한다.

2. 경관조명의 물리량 측정 및 컴퓨터 시뮬레이션 기법



2.1 경관조명의 물리량 측정기법

본 연구에서 물리량 측정에 사용된 Radiant Imaging ProMetric 1400은 미국 Radiant Imaging, Inc.에서 개발한 측광장치이다. 이 기기는 한 장의 이미지를 촬영하고, 촬영된 이미지를 분석프로그램을 이용하여 휘도, 조도, 색온도, CIE(x, y)와 CIE(u', v') 등의 물리값을 얻어낼 수 있는 광학장비로서 이 때, 취득한 이미지에는 150만개의 측정점이 설정되어 있다.

측정을 시작하면 4개의 카메라 필터가 노출시간 간격대로 이미지를 촬영하고, 512×512(pixels)에서 1536×1024(pixels) 까지의 이미지와 데이터를 얻을 수 있다. 조도와 휘도의 오차는 3%이내이고 색도 좌표의 오차는 0.0005 이내이며 카메라의 시야각은 2°~ 72°사이이다. Radiant Imaging Prometric의 구성은 카메라와 렌즈(50mm, 35mm, 17mm 등) 케이블, 삼각대, 컴퓨터를 비롯한 주변장치 등으로

이루어졌다(표 1).

표 1 Radiant Imaging ProMetric 1400의 주요장비

카메라	
렌즈	

Radiant Imaging ProMetric 1400으로 측정 한 이미지는 분석프로그램을 이용하여 데이터를 분석한다. 측정한 이미지에 임의의 측정점을 입력하면 그 점의 휘도, 색도, 색온도, 조도 등 표시가 가능하며 설정한 범위의 물리값 평균을 알 수 있다.

또한 색온도와 색도분포와 같은 물리량 값을 2D, 3D 그래프로 모두 표현이 가능하여 결과값을 시각적으로 한눈에 알아볼 수 있는 장점을 지니고 있다.

야간경관조명에서의 활용성을 볼 때, 조망자가 대상을 조망했을 때 느껴지는 영향의 조명의 휘도이며, 조도의 측정은 모든 측정부의 반사율을 알아야 하기 때문에 옥외에서의 촬영으로 조도를 분석하기는 사실상 불가능하다. 반면 휘도와 색온도 색도분포의 결과 값은 상당히 정확한 값으로 측정된다.

또한 야간경관조명을 위한 측정기기로서의 효용성검증은 경관조명이 된 건물의 특정 부위를 측정, LS100(미놀타휘도계)과의 휘도값을 비교한 결과 측정오차가 3% 이내로 나타났다. 이를 통해 야간경관조명의 물리량 평가에 매우 유용한 측정기기가 될 수 있다.

2.2 Lightscape의 시뮬레이션 기법

컴퓨터 시뮬레이션의 가시화에 있어서 음상이나 열의 분포를 가시화 하는 것은 본래 보이지 않는 것을 가시화 하는 것이지만, 빛 환경의 가시화는 본래 보이는 것을 가시화 한다. 조명환경의 가시화로는 자연채광 성능평가를 위한 가시화, 여러 가지의 광학적 현상의 시뮬레이션 결과의 가시화, 건축

물 등의 건축후의 환경평가의 가시화를 말한다.

설계과정에서 빛·시환경의 가시화는 중요한 의미를 갖는다. 즉 계획·설계단계에 있어서 건축물은 실재하지 않기 때문에 건축 후의 조명효과를 예측하기에는 가시화 기술이 필요하다. 특히 경관 조명에서의 시뮬레이션은 가상의 상황분석을 통해서 디자이너에게 시행착오를 줄이게 하여 시간과 비용을 절감할 수 있고, 디자인의 요소별 분석과 생산성을 향상시키는데 큰 도움을 얻을 수 있다.

Lightscape는 물리적으로 표현되는 공간과 3차원적인 물체를 정확하게 표현하기 위한 조명 시뮬레이션 프로그램이다. Lightscape는 특정한 조명과 재질을 위한 물리적인 인터페이스를 가진 광속전달법(Radiosity)와 광선추적(Ray-tracing)을 겸비한 최초의 프로그램이며, 실제 광원과 재질의 물리적 특성을 기본으로 정확한 조명 시뮬레이션이 이루어지면 고화질의 화상을 생성할 수 있다. Lightscape의 광속전달법 기술은 각각의 면들 사이에서 diffuse lighting soft shadow, color bleeding의 정확한 광학적인 시뮬레이션과 다른 렌더링 기술들이 도달할 수 없는 매우 사실적인 이미지들을 제공한다.¹⁾

Lightscape는 3차원 모델 혹은 객체를 이용하여 정의된 조명과 재료를 광속전달과 광속추적기술을 사용하여 이미지를 만드는 가시화 응용도구이며 환경 안에서 빛의 전달을 계산하기 때문에 정밀하고 의미있는 조명효과를 얻을 수 있고 사실성을 갖는 이미지를 만들어 내는 것이 가능하다.

광속전달의 결과는 단순한 그림이 아니라 3차원의 빛의 분포를 표현한다. 조명은 미리 계산되기 때문에 렌더링 된 모델을 특정시각에서 표시할 수 있으며 대화식으로 움직이는 것이 가능하다.

시뮬레이션 프로그램으로 선정된 Lightscape 3.2는 이러한 방식을 이용함으로써 현실 세계 표현의 사실감을 높여주며, 사용자에게 현실세계의 모든 조명(자연조명, 인공조명)을 정확하게 표현 할 수 있는 기능을 제공하는 등 많은 특징을 가지고 있다.

3. 연구대상(잠실대교)의 개요

3.1 잠실대교 경관조명 현황

잠실대교는 한강에는 구조적으로 다양한 교량이 설치되어 있지만, 그 중 거더교의 형태가 63%로

1) 문기훈 "자연채광성능평가 도구로서 LIGHTSCAPE의 효용성 연구, 경희대학교 석사학위논문, 2003

대부분을 차지한다. 잠실대교는 그런 한강의 대표적 구조형식을 가지고 있으며 최근 경관조명이 설치되어 본 연구의 대상으로 선정하였다.

잠실대교에 사용된 조명기구에는 교량 상판에 녹색 필터로 연출한 메탈할라이드램프(이하 교량상판 A)와 필터를 사용하지 않은 메탈할라이드램프(이하 교량상판 B)가 설치되어 있다. 교각에는 나트륨투광기가 설치되어 있고, 수중보의 이미지는 Martin 사의 MSR 575W 램프를 이용해 4가지 색이 시간별로 변화면서 이미지를 연출하고 있다. 또한 권양기실에 설치된 조명기구에는 메탈할라이드램프 175W가 사용되었다.

잠실대교에서 연출된 조명기구는 그림 1과 같다.²⁾

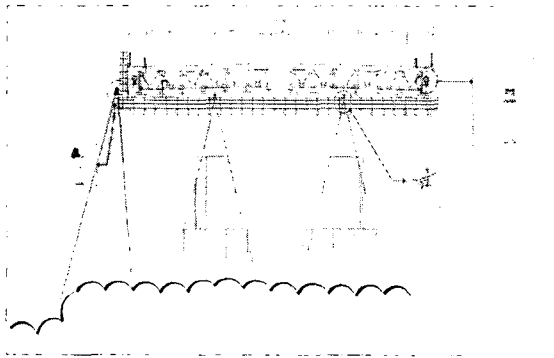


그림 1. 상판 및 교각에 설치된 조명기구 및 조명개념도

본 연구에서 잠실대교의 물리량 측정점에서 보이는 조명기구의 사양은 표 2와 같다.

표 2. 잠실대교에 사용된 조명기구

	교량상판	교각
조명기구	메탈할라이드램프	나트륨투광램프
용량(W)	400	250
조명기구수	94	92
조명기구 사진		

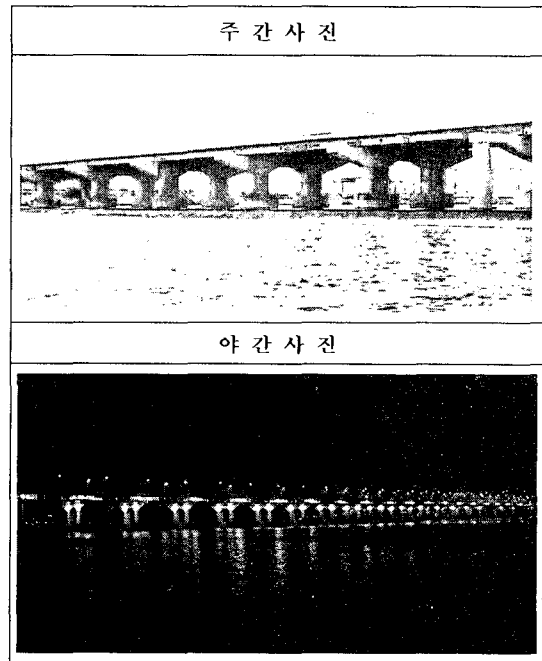
3.2 잠실대교 경관조명 디자인 컨셉

잠실대교는 발전의 잠재력이 풍부한 잠실지역의 교통 정체 현상을 줄이기 위해 잠실 대단지개발

중심지인 잠실동에 설치하였다. 이로 인하여 잠실 지역의 대단위 주거지역과 상업지역이 형성됨은 물론 외곽 위성도시인 성남시와 밀접한 생활권이 형성되어 도심에 집중된 인구를 외곽으로 분산, 균형있는 도시의 발전에 기여도가 큰 다리이다. 이에 잠실대교의 조명 컨셉은 조명에 대한 새로운 인식과 공존공생의 동양사상에 이념을 둔 미래지향적인 조명연출을 통해 계절이 갖는 이미지를 상징적으로 표현하는데 중점을 두었다.

전체적인 잠실대교의 경관조명은 녹색의 필터를 사용하여 활기차고 힘있는 분위기를 만들어 내고 교각의 중앙부위에 빛의 터널을 연출하여 차량을 가지고 다리를 이용하는 사람들뿐만 아니라 교량을 이용하는 운전자, 둔치에서 휴식을 즐기는 사람들에게도 즐거움을 주고 있다.

표 3. 잠실대교의 주간·야간 전경



4. 연구대상의 물리량 측정

4.1 교량의 측정위치 선정 및 물리량 측정

물리량측정위치는 교량의 경관조명을 조망하는 관찰자의 시선을 고려하여 결정하였다. 조망점 선정 시 기본적으로 경관평가의 대상지를 중심으로 동서남북 네 방향별로 근경, 중경, 원경을 고려하는 것이 바람직하며, 따라서 12개의 예비 조망점을 기본적으로 고려해야 한다. 근경, 중경, 원경의 거리

2) 서울시 건설안전관리본부 시설 관리2팀에서 도면 입수

는 주변상황에 따라 달라질 수 있으나 도심에서는 보통 근경을 500[m], 중경은 1[km], 원경은 2[km] 내외로 한다. 따라서, 본 연구에서의 물리량 측정 위치는 교량의 세부내용(크기, 형태, 색채, 재료의 질감 등)을 중심으로, 조망자가 주변경관을 인식할 수 있도록 근경에서 바라본 경관을 선정하였고, 그 거리는 교량의 교각으로부터 300[m] 떨어진 장소에서 측정하였다[그림 2].

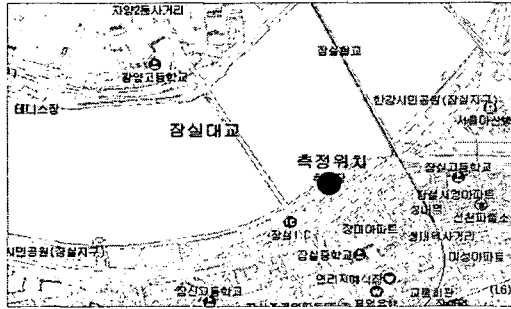


그림 2 . 물리량 측정위치

측정값이 정확한 값을 나타내도록 하려면 휘도계의 측정 대상으로 완전히 채워져 있음과 동시에 그 측정 높이는 1.5미터, 사람의 시선 눈높이를 기준으로 하는 것이 바람직하다. 측정 대상물에 근접해서 휘도계의 초점 조절 범위를 넘어서 접근하면 시각적으로 피측정 면적을 파악할 수 없을 뿐만 아니라, 설정한 휘도계의 측정각 이외의 빛의 혼입 때문에 측정 오차를 일으키지만, 측정 대상물이 충분히 크고, 그 휘도가 같다면 문제가 되지 않고, Radiant Imaging ProMetric 1400 기기는 동시 다 측정이 가능하므로 측정방법에 대한 오차율은 적을 것으로 판단된다.

4.2 휘도분포

잠실대교의 휘도는 주위의 배경, 도로의 가로등, 교량의 상판(A와 B), 교각, 강물의 표면 등을 모두 포함하여 측정하였고, 휘도값에 대한 분석은 교량의 구성요소로 각각 나누어 휘도값의 평균을 구하였다.

휘도를 측정한 결과, 주위의 배경이 되는 밤하늘의 평균 휘도값은 0.68[cd/m²]이고, 도로의 가로등은 23.24[cd/m²], 교량 상판 1 31.13[cd/m²], 교량 상판 2 17.63[cd/m²], 교량의 교각은 12.6[cd/m²], 강물의 표면은 7.2[cd/m²]의 평균 휘도값을 나타냈다(표 3). 잠실대교의 측정된 이미지 전체의 평균 휘도값은 1.293[cd/m²]와 같다.

표 4 . 측정점의 평균휘도값 및 측정점 수

측정점	평균휘도값 (cd/m ²)	측정점 수
주위배경(밤하늘)	0.65	20
도로의 가로등	23.24	42
교량상판 A	31.13	30
교량상판 B	17.63	30
교각	12.6	45
강물의 표면	7.2	20

잠실대교의 휘도분포는 가로등과 교량의 상판 조명 교각을 중심으로 주변의 배경이 되는 밤하늘과 강물에 비해 약 1: 10 이상의 높은 휘도비를 보이고 있다. 이는 밝기의 차이는 1:10 이상일 때 미적 판단과 느낌을 받게 되는데 잠실대교의 안정적인 이미지가 사람들의 이미지와 인상에 영향을 주고 있는 것으로 본다. 또한 교량 상판에 사용된 서로 다른 색 조명의 휘도대비 1: 1.7의 비율로 교량의 시각적 입체감을 표현하고 있다.

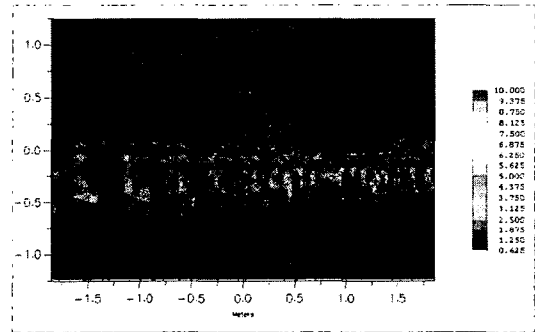


그림 3 . 휘도 분포도

4.3 색온도분포

잠실대교는 조명연출계획에 따라 교량의 상판 측면에는 칼라필터를 활용한 조명과 교각을 비추는 투광기등으로 조명 색상을 연출하였다. 색온도 측정값은 <표 5>와 같다.

표 5 . 측정점의 색온도 (단위:K)

측정점	최대값	최소값	평균값
주위배경(밤하늘)	8,300	8,000	8,100
도로의 가로등	2,300	1,900	2,230
교량상판 A	6,500	7,230	6,950
교량상판 B	4,340	5,208	4,880
교각	2,821	2,156	2,470
강물 표면	7,700	5,100	6,500

그림 4는 잠실대교의 색온도 분포도를 보여주고 있다.

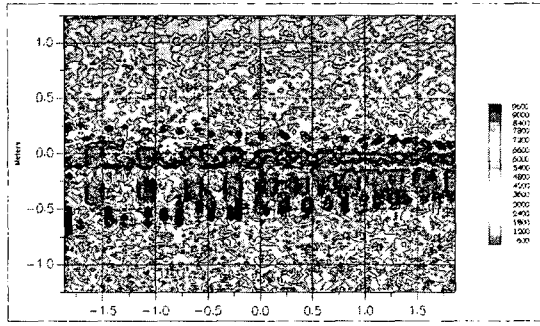


그림 4 . 잠실대교의 색온도 분포도

잠실대교의 교각에 사용된 나트륨등(250W)의 색온도는 평균 2,470K으로 측정되었으며, 상판측면의 메탈할라이드 400W 투광기에서 발산된 빛의 색온도는 연출된 색상에 따라 평균 4,880K과 6,950K으로 분석되었다. 또한 강물의 표면의 색온도는 밤하늘의 것보다 낮게 보이는데 이것은 강물에 비쳐지는 조명의 색상 때문이라고 생각된다.

상판측면의 경우 색온도가 다르게 분포된 이유는 조명연출계획에 따라 녹색조명을 표현하기 위하여 사용된 칼라필터가 색온도를 높이는 것으로 사료된다.

구조물의 하단부 교각에 낮은 색온도는 안정감과 평온한 느낌을 주고, 상단부 상판에 연출된 높은 색온도는 활달한 분위기를 만들어내 잠실대교의 야간경관을 안정감과 함께 활기찬 공간으로 연출하고 있는 것으로 사료된다.

5. 연구대상의 시뮬레이션 평가

5.1 시뮬레이션 자료의 입력

Lightscape 3.2를 이용한 교량의 시뮬레이션 평가는 잠실대교의 도면을 이용하여 조명기구, 위치 등을 도면과 같게 진행하고 현재 교량에 설치된 조명기구의 조사각도 등을 실제와 가장 유사하게 조정하여 시뮬레이션을 실시하였다.

또한 교량의 경관조명에 사용된 조명기구는 같은 사양의 조명기구에 배광곡선은 IES 파일³⁾에서 가장 유사한 것을 선택하였고, 잠실대교 교량의 상판과 교각의 재질의 반사율은 실제로 측정하기 무리가 따르므로 기본적인 데이터를 입력하여 시뮬레이션을 하였다.

3) 자료출처 : www.erco.com/products 조명기구 배광곡선

표 6 . 시뮬레이션에서 사용한 배광곡선과 실제 조명기구와의 비교

실제 사용된 조명기구의 배광곡선	시뮬레이션에서 사용한 IES 배광곡선

5.2 Lightscape 3.2 시뮬레이션에 의한 휘도분포

Lightscape 3.2 시뮬레이션을 이용한 잠실대교의 휘도는 교량의 상판 1과 상판 2, 교각 등을 포함하여 측정하였고, 휘도값에 대한 분석은 교량의 구성요소로 각각 나누어 휘도값의 평균을 구하였다.

휘도를 측정한 결과, 교량 상판 1 21.03[cd/m²], 교량 상판 2 14.47[cd/m²], 교량의 교각은 11.56[cd/m²]의 평균 휘도값을 나타냈다.

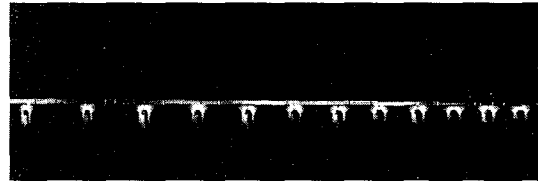


그림 5 .평가 시뮬레이션 이미지

시뮬레이션으로 얻을 수 있는 데이터는 교량에 설치된 조명에 의한 측정값만므로, 이때 실제 현장 측정으로 얻어진 주위의 배경과 강물의 표면등의 물리량은 시뮬레이션 상에서 표현하기 어려우므로 그 값은 제외하였다.

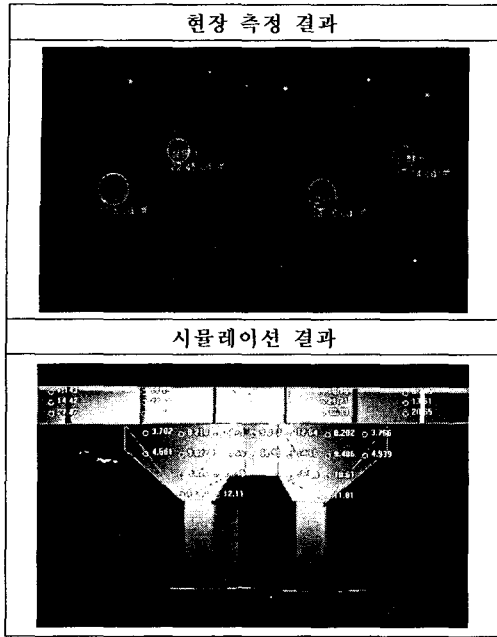
5.3 현장측정값과 시뮬레이션 값의 비교

Radiant Imaging ProMetric 1400으로 측정한 값과 Lightscape 3.2 시뮬레이션 측정값과의 휘도 비교는 표 7과 같다.

표 7 . 측정 휘도와 시뮬레이션 휘도의 비교

비교 측정점	측정값 [cd/m ²]	시뮬레이션값 [cd/m ²]	상대오차(%)
상판 A1	22.45	20.62	8.9
상판 A2	20.19	21.43	5.79
상판 B1	12.14	14.10	13.91
상판 B2	15.43	14.85	3.9
교각 A	11.5	10.03	14.65
교각 B	13.16	12.73	3.37
교각 C	12.79	11.91	7.38

표 8 . 측정결과와 이미지 비교



실제 잠실대교의 물리량 측정값과 시뮬레이션 결과값의 최대 오차율은 14.56%, 최소 오차율은 3.37%로 나타났다. 교량은 경관조명 분석 대상으로서는 스케일이 크고, 실제 물리량 측정 시 고려해야 할 변수들이 많이 있기 때문에 시뮬레이션 값과 정확하게 일치하기는 어렵다. 예를 들면, 교량에는 교량을 통과하는 통과교통 뿐만 아니라, 교량의 뒤에 배경이 되는 건물의 밝기, 측정위치에 가까이 있는 가로등 빛등 고려해야 할 사항들이 많이 있기 때문이다. 따라서 Radiant Imaging ProMetric 1400 측정값과 Lightscape 3.2 시뮬레이션 결과 값과의 오차율이 10% 내외를 보인 것은 Lightscape 3.2가 경관조명의 도구로써 매우 유효하다고 할 수 있다.

6. 결론

경관조명이 설치된 잠실대교의 휘도값을 대상으로 Radiant Imaging ProMetric 1400를 이용한 물리량 측정값과 컴퓨터시뮬레이션 평가 결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① Radiant Imaging ProMetric 1400의 전체 조명의 물리량 측정값과 Lightscape 3.2의 비교 오차율은 최대 14.65%, 최소 3.37% 범위의 평균 오차율 8.3%로 Lightscape 3.2의 경관조명 시뮬레이션 검증이 유효하다고 할 수 있다.

레이션 검증이 유효하다고 할 수 있다.

- ② Lightscape 3.2 시뮬레이션을 하는 경우, 대상물의 정확한 모델링, 조명기구의 정확한 제원, 설치 위치, 광원의 조사 각도 등의 오차가 생길 수 있는 것으로 나타났다.

- ③ Lightscape 3.2를 이용하여 시뮬레이션을 실시할 경우 우리나라 조명기구의 형상 및 배광곡선에 대한 데이터가 라이브러리에 없어 시뮬레이션의 정확도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

그럼에도 불구하고 경관조명 대상물의 정확한 재질, 반사율, 조명기구의 제원 및 특성에 대한 정확한 자료가 있고, 또한 시공 이후 오염이나 조명기구에 누적된 먼지 등으로 인한 밝기의 감소 등을 충분히 고려한다면 Lightscape 3.2 시뮬레이션 도구로써 매우 유용할 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업 (과제번호 MI-0318-00-0272)의 연구비 지원에 의한 연구결과와 일부로 진행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김희서 외, "컴퓨터 시뮬레이션을 통한 경관조명의 데이터베이스 구축에 대한 연구", 한국조명전기설비학회 논문집, 제 16권 제 3호, pp. 1~6, 2002.
- [2] 나카지마 다쓰오키 외, "조명디자인 입문", 예경, 2003
- [3] 문기훈, "자연채광 성능평가도구로서 LIGHTSCAPE의 효용성 연구", 경희대학교 박사학위 논문, 2003
- [4] 유재연 외, "야간경관조명에 대한 주관평가 실험방법의 유효성 검증실험", 대한건축학회 학술발표논문집, 제 22호 제 2권, pp. 809 ~812, 2002.
- [5] 황태연, "한강교량의 경관조명에 관한 평가", 경희대학교 석사학위 논문, 2004
- [6] www.erco.com/products