

# 야간 도로조명에서 가로수의 배치가 조명품질에 미치는 영향에 관한 시뮬레이션 연구

이 중 성\* · 이 석 준\*\*

\*상지대학교 친환경식물학부 · \*\*상지대학교 경영정보학과

## A Study on the Effect of Roadside Trees' Layout Affecting Lighting Quality on Roadways by Simulation Approach

Jong-Sung Lee\* · Seok-Jun Lee\*\*

\*Division of Environment-Friendly Plant Science, Sangji University

\*\*Department of MIS, Sangji University

### Abstract

The uniformity of lighting distribution on the roadway is essential factor for drivers and pedestrians's safety during nighttime in urban streets. Also, the importance of roadside trees is one of the growing concern for better citizens' health and mitigating environmental impact on the urban street. But roadway lightings and roadside trees have different design or planting standards and they are not integrated in the systemic viewpoint for better safety of users during nighttime. The purpose of this study is to propose a simulation approach which assesses lighting quality in the view of illumination uniformity distribution of roadway lighting from design step and consider the layout of roadside trees. For improving lighting quality of roadway, simulation approach is needed for assessing the impact of diverse planting situation of trees and encouraged from beginning of design step for roadway construction.

**Keywords :** Lighting Simulation, Roadway Lighting, Roadside Tree

### 1. 서 론

야간 도로조명의 기본 목적은 일정수준의 노면의 수평 휘도와 노면 위 물체의 수평, 수직 조도를 제공하여 운전자 및 보행자가 도로 상 물체의 밝기와 노면이나 주변 배경 밝기, 노면의 상태, 반짝임, 그림자 등의 대비에 의해 물체를 용이하게 인식하도록 쾌적한 시각 환경을 제공하고 야간 운행과 보행의 안전성을 높이는 것이다[5,9]. 조명설계는 야간 도로조명의 기본 목적을 달성하기 위하여 휘도 혹은 조도 기준으로 일정 수준의 평균치와 균제도를 확보하고 경제성을 고려하여야 하는 중요한 과정이다. 도로 조명시스템은 사용광원,

조명기구, 도로 조건에 따라 매우 다양하게 설계 하고 있다. 도로의 사용형태, 구조, 차량의 이동 량, 주변 환경 등에 따라 도로에서 요구하는 조명 기준이 달라지기 때문에 이에 부합하는 조명설계와 운영방식에 대한 기준이 필요하다. 국내에는 KS C 3701에서 정한 기준에 따라 도로 노면의 휘도, 종합균제도, 차선 축 균제도의 기준이 설정되어 있으나 실제 조명계산에서는 주로 조도 개념의 광속법으로 설계하고 있다[5,12]. 야간 도로조명 설계는 휘도 개념과 조도 개념의 접근법으로 크게 나눌 수 있다. 조도 개념을 이용한 규정은 미국에서 주로 이용되며 휘도 개념의 규정은 유럽에서 많이 이용되고 있다[2,3]. 국내 KS C 3701의 규정에는 휘도

† 이 논문은 2010년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

† 교신저자: 이석준, 강원도 원주시 우산동 660 상지대학교 경영정보학과

M · P: 010-5094-6747, E-mail: digitaldesign@sangji.ac.kr

2011년 1월 20일 접수; 2011년 3월 2일 수정본 접수; 2011년 3월 11일 게재확정

개념의 규정으로 정해져 있으며 조도 개념의 접근법은 2010년까지 한시적으로 이용하도록 되어 있다. 휘도 개념과 조도 개념은 설계 시 두 개념의 접근 방향은 틀리지만 모두 도로 노면에 대한 조도 및 휘도의 평균적인 조명 수준과 균일성을 강조하고 있다. 이를 통해 도로의 조명에 사용될 광원, 조명기구, 조명 유형, 조명기구 간 거리 등을 결정한다[12]. 그렇지만 도심에서 도로는 야간 조명기구인 가로등뿐만 아니라 가로수가 식재되어 있다. 도시의 공원과 더불어 가로수는 도시 내에서의 유일한 녹지이며, 도시경관을 구성하는 주요 요소이다. 또한 도시 내의 소생태계 서식처뿐만 아니라 도심에서 배출되는 대기오염 물질을 정화시켜주는 허파의 역할을 하고 있다[6]. 가로수는 도시의 녹지 구축에 있어 선상 연결녹지축으로 중요한 역할을 하고 있는바 대로변 가로수는 차량 및 보행자에게 경관의 심미적 안정감을 전달할 수 있는 중요한 요소이기 때문에 가로수의 초기 식재는 장래 도시 경관의 미적 축을 구성하는데 매우 중요하다[10].

본 연구는 야간 운전자 및 보행자의 안전을 보장하기 위한 야간 조명설계 시 가로수의 영향을 고려하여 가장 효과적인 가로등의 설계방법을 조명 시뮬레이션을 통하여 제시하고자 한다. 기술의 발전에 따라 개별적 조명기구의 성능은 예전에 비하여 비약적으로 발전하였으나 개별적 기술을 종합적으로 적용하여야 하는 야간 조명시스템 설계에서 배제되고 있는 주요 요인으로서의 가로수를 부각시켜 조명설계시 고려하여야 할 중요한 요인임을 강조하고자 한다.

## 2. 야간 도로조명 설계

교통 공학적 입장에서 도로조명은 야간 운전자와 보행자의 안전을 보장하기 위해 신속, 정확하고 편안한 시각 환경을 제공하며 운행차량 자체조명 이외의 조명을 제공하여 운전자가 도로의 형태, 장애물 등을 용이하게 파악하여 원활한 교통 흐름을 개선하도록 하는데 있다. 이를 위해 휘도 혹은 조도 기준으로 일정수준의 평균 조명수준과 균일성을 유지하는 것이 중요하다.

Iowa Statewide Urban Design and Specifications에서 제공하는 야간 도로조명 매뉴얼에는 조명설계 단계를 다음과 같이 소개하고 있다[1].

- 조명 지역을 평가하여 조도 수준을 결정
- 광원의 유형 선정
- 광원의 크기와 설치 높이 선정
- 조명기구의 유형 선정

- 조명기구의 간격과 위치 결정
- 설계 타당성 검증

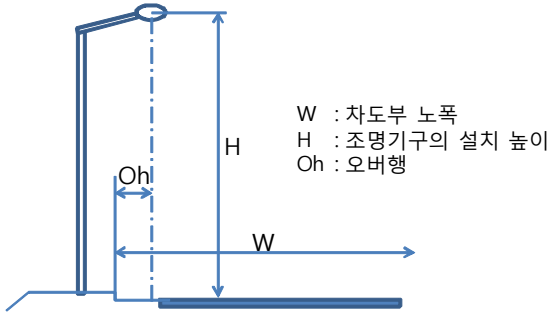
KS C 3701에는 도로조명에 대한 기준을 휘도와 조도의 기준을 제시하고 있으며 다음은 도로 및 교통의 종류에 따른 도로조명 등급과 도로의 표면과 반사특성에 따른 노면등급에 따른 조도 기준이다.

<표 1>에서 평균 노면조도는 도로 노면의 반사 특성과 도로의 교통량과 중요도에 따라 결정되며 M1과 M2 등급은 주로 고속도로와 도로 선형이 복잡한 곳에 대한 기준이며 M3는 도시의 주요 간선도로에 적용된다. M4와 M5는 중요도가 낮은 지방도 및 주택가에 적용되는 조명수준이다.

가로등의 광원은 기존의 방전등에서 최근 가격은 비싸지만 유지보수 측면에서 경제적인 LED 광원을 이용한 가로등을 신규 설치하는 추세이며 기존에 설치되었던 방전등을 LED 광원으로 교체하는 사례도 증가하고 있다. 조명기구의 설치 높이는 원칙적으로 10 m 이상으로 한다. 다만, 도로구조 및 다른 구조물과의 위치, 관계, 다른 도로에 대한 눈부심 방지 등의 조명 효과를 유지하기 위해 제한할 필요가 있을 경우와 공항 부근 등 법령 등에 따라 제한되어 있는 경우에는 이 제한에 따르지 않는다. 노폭이 동일하고 연속되는 도로의 조명기구 설치 높이는 일정하게 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 조명기구의 배열은 도로의 단면 구조, 차도 부분 노폭, 조명기구의 배광 등에 따라 중앙 배열, 한쪽 배열, 지그재그 배열, 마주보기 배열 중에서 적당한 것을 사용하는 것으로 하며 도로의 단면구조 및 차도 부분 노폭에 따라서는 이들을 조합할 수 있도록 KS기준에 규정되어있다. 조명기구의 오버행은 가능한 한 짧게 하는 것이 바람직하다. 다만, 도로를 따라 도로 조명의 빛을 차단하는 수목이 있을 경우에는 이 제한에 따르지 않는다. 연속되는 도로의 조명 시설에서 오버행은 일정하게 하는 것을 원칙으로 한다[12].

<표 1> 운전자에 대한 도로 조명의 조도 기준(KS C 3701)

도로 조명 등급	포장도로 등급별 평균 노면 조도 (최소 허용치)	조도 규제도 (최소 허용치)	
		종합 규제도	차선축 규제도
M1	20.0~29.0	0.4	0.7
M2	15.0~22.0	0.4	0.7
M3	10.0~14.0	0.4	0.5
M4	8.0~11.0	0.4	-
M5	5.0~7.0	0.4	-



[그림 1] 가로등 조명기구 설치 높이 및 오버행

[그림 1]에서 가로등의 조명기구 설치 높이와 오버행은 야간 운전자의 시야확보와 가로등에 의해 발생할 수 있는 눈부심 등을 고려하여 설계 시 고려되어야 한다. 하지만 KS 기준에는 야간 도로조명의 설계에서 가로수의 식재 방법에 대한 내용은 포함되어 있지 않다.

가로수의 식재 방법은 각 지방조례에서 정하는 바를 따르고 있으나 도로의 전기 시설물인 가로등과의 관계에 대한 명확한 가이드라인 제시가 없어 도로조명 설계와 실제 도로 조명결과물에 차이가 발생하게 된다.

### 3. 가로수

국내 도시지역에 식재된 가로수의 종류는 다양하다. 또한 가로수의 정비가 잘 이루어진 지역은 국내에서가 볼만한 곳으로 널리 알려진 지역도 있다. 특히 청주시의 가로수길은 성목으로 성장한 플라타너스가 잘 조성되어 있어 여름에는 가로수 터널을 형성하고 있다.

또한 대구광역시 국채보상공원 주변의 가로수들은 구역별로 다양한 가로수를 체계적으로 식재하여 도시의 중요한 녹지공간으로써의 역할을 하고 있다. 가로수는 최근 도심의 하계 열섬현상을 방지하고 평균 온도를 낮게 유지시켜 냉방 기구에 의한 전력소모를 감소시키는 효과를 가져와 에너지 절약에도 중요한 역할을 하고 있는 것으로 알려져 있다. 또한 도심의 개발에 따른 녹지공간의 축소로 인해 도시민의 심리적 불안정화를 완화시킬 수 있는 공간으로서의 녹지공간으로 인식되고 있다. 또한 가로수의 공기 정화능력은 도심지역 차량에 의해 발생하는 각종 배기가스를 자연적으로 정화시킬 수 있어 환경적으로도 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 가로수는 아름다운 도시환경을 구성할 수 있는 중요한 요소임과 동시에 환경적 요인으로써 중요성이 높아지고 있다[6,7].

성현찬(2003)의 연구에서 도시지역 가로수의 수종은 은행나무, 느티나무 양버즘나무 중국단풍 소나무, 메타세콰이어 등 6종이 식재되어 있는 것으로 조사 되었으

며, 그 중에서도 은행나무, 느티나무가 대부분인 것으로 분석되었다[8]. 또한 강신용(1994)의 연구보고서에서는 은행나무와 플라타너스가 식재 수종의 절반을 차지하고 있는 것으로 조사되었다[4].

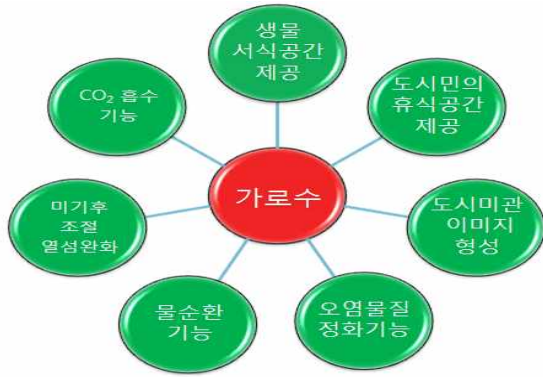
최근 지방자치단체에서는 건강한 가로수의 조성 및 관리를 통하여 도시생태계의 건전성 및 도시경관개선 등 녹색네트워크로서의 제 기능 발휘에 기여하기 위한 다양한 가로수 조성계획을 구상하고 있으며 이러한 계획은 ‘산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률’ 제21조 제2항에 따라 도로를 신설하는 행정기관은 설계단계부터 가로수 식재공간을 반영하고 가로수를 식재하도록 되어 있으며 가로수가 조성되지 않은 기존의 도로, 보행자의 통행이 많은 도로, 도시 전체의 녹색 네트워크 구축에 필요한 지역을 우선적으로 선정하여 도시 가로수 조성계획을 수립하고 있다[6].

다음 <표 2>는 가로수의 기능과 효과에 대한 요약이다. 가로수는 <표 2>와 같이 순기능과 역기능을 가지고 있으며 각각에 따른 효과가 다양하게 나타나고 있다.

환경적 측면에서 도시에 식재된 가로수는 다양한 기능을 수행하고 있는데 박은지(2009)의 연구보고서에 따르면 다음 [그림 2]와 같이 요약할 수 있다[7].

<표 2> 가로수의 기능과 효과

기능		효과
순기능	수정기능	도시의 자연경관이 쾌적한 통행환경으로 조성
	교통안전기능	도로의 선형인지도 안전운전, 추행지점의 인지, 사고발생 시 피해 최소화
	환경보전기능	기온조절, 습도조절, 소음완화, 매연으로 인한 피해 방지
역기능	차로에 주는 영향	강풍으로 인한 전복 뿌리에 의한 자하 매설물 손상 교통 시설물, 간판 가림 낙지, 낙엽으로 인한 피해
	인도에 주는 영향	햇빛 차단으로 인한 일조권침해 강풍에 의한 전복과 낙지, 낙엽 등



[그림 2] 가로수의 환경적 기능

가로수의 환경적 기능은 최근 전 세계적으로 환경적 이슈로 부각되고 있는 기후변화에 대한 국제적 대응전략의 실행에도 관련기능을 제공하는 것으로 알려져 있다.

#### 4. 연구방법

본 연구는 조명시뮬레이션을 통하여 KS 기준에 적합한 가로등의 조명기구 설치 높이와 간격을 설정한다. 가로수에 의해 조도의 균제도 측면에서 조명품질이 저하될 수 있는 경우를 시뮬레이션하기 위해 현장조사를 통해 실제 가로수에 의해 도로조명의 품질이 저하되는 상황과 유사한 상황을 모델링한다. 모델링 결과를 바탕으로 조명시뮬레이션을 실시하여 설계 시뮬레이션을 통해 얻어진 결과와 가로수를 배치한 시뮬레이션 결과를 비교하여 조명품질에 대한 평가를 실시한다. 평가결과를 바탕으로 조명품질을 유지하기 위한 대안을 제시한다.

#### 4.1 조명 시뮬레이션

컴퓨터를 이용한 시뮬레이션은 실현되지 않은 현실에 대한 가상의 결과를 가시화 시켜주는데 목적이 있다. 건조물의 설계과정에서 조명환경과 경관의 가시화는 계획과 설계단계에 있어 건축 후의 조명효과를 효과적으로 예측하기 위해 시뮬레이션을 통한 가시화 기술이 필요하다. 특히 경관 조명에서 시뮬레이션은 가상의 상황분석을 통해서 설계자의 설계오류에 따른 시행착오를 줄여 시간과 비용을 절감할 수 있으며 설계 요소별 분석과 생산성을 향상시키는데 유용한 방법이다.

최근 시뮬레이션 기술을 이용한 설계 결과의 타당성 평가는 조명설계 시 과도한 계산과정과 계산 상 오류를 사전에 검토할 수 있는 능력을 제공함으로써 많이 이용되고 있다. 본 연구에서 사용하는 Lightscape는 물

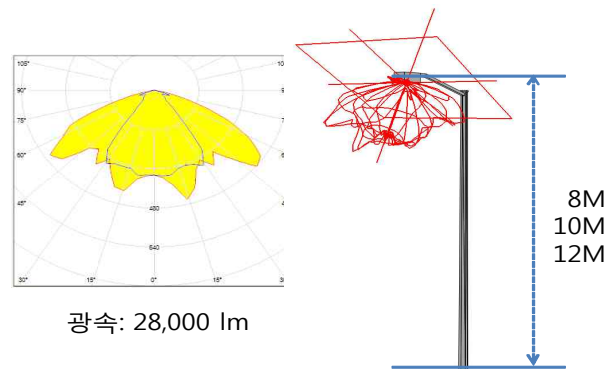
리적으로 표현되는 공간과 3차원적인 물체를 정확하게 표현하기 위한 조명 시뮬레이션 프로그램으로 특정한 광원과 재질을 위한 물리적인 요소를 컴퓨터에 입력하여 고유의 시뮬레이션 알고리즘을 이용하기 때문에 실제 광원과 재질의 물리적 특성을 바탕으로 정확한 조명 시뮬레이션 결과를 획득할 수 있다. 또한 시뮬레이션 결과에 대한 이미지 분석을 가능하게 하여 화상 평가도 가능하다 [9,11].

#### 4.2 모델링

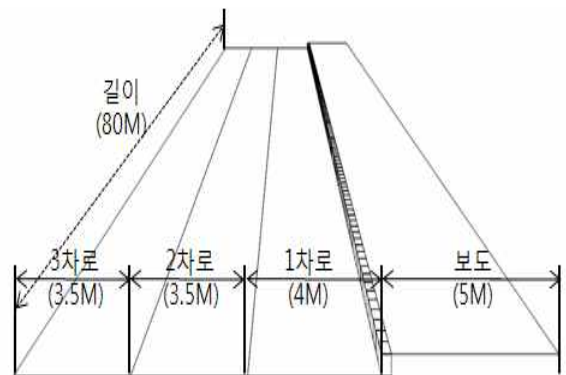
먼저 KS 기준에 적합한 도로조명을 위하여 다음 [그림 3]과 같은 배광을 가진 조명기구를 선정하고 전광속은 28,000 lm로 선정하였다. 또한 도로의 일반적 가로등을 고려하기 위해 8m, 10m 12m의 가로등을 각각 모델링하였다.

분석을 위한 모델링에서 가로등의 오버행은 1.5m로 선정하였다. 가로등의 간격은 일반 도시에 설치된 간격을 기반으로 40m와 30m로 선정하였다. 가로등을 위치시킬 도로는 다음 [그림 4]와 같이 모델링하였다.

본 연구의 분석 대상 도로는 6차선 중 편도 3차선으로 모델링 하였으며 각 차로는 [그림 4]와 같이 1차로



[그림 3] 가로등 모델링



[그림 4] 도로 모델링

4m, 나머지 2, 3차로는 3.5m로 설정하였다. 분석 도로는 평면 직선도로로 선정하고 가로등의 간격을 30m와 40m로 3기의 조명기구를 위치시키기 위하여 총 80m의 길이로 모델링하였다.

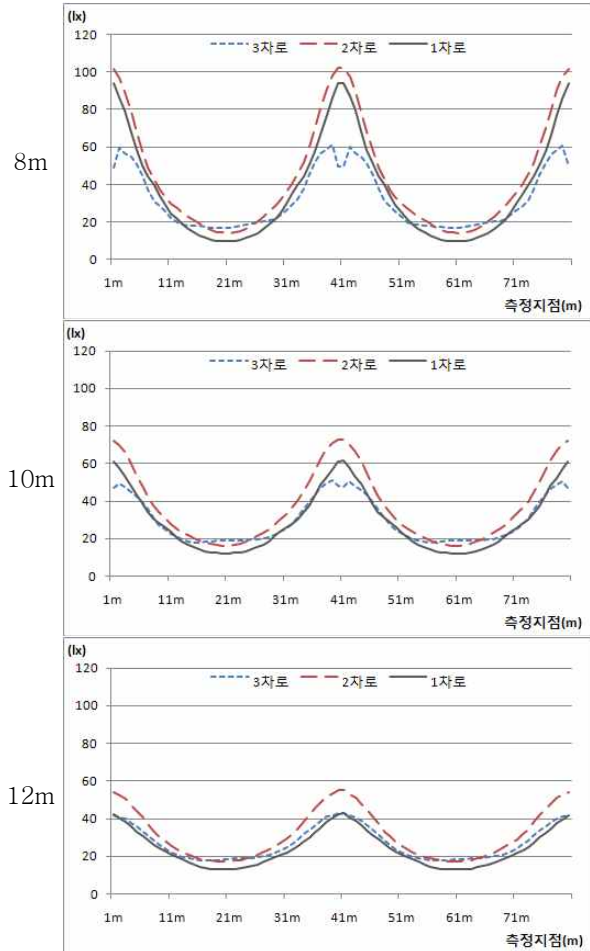
### 5. 시뮬레이션 결과

#### 5.1 설계 시뮬레이션

본 연구에서 목표로 설정한 M3 조명수준의 초기 조명설계 타당성을 확인하기 위하여 설계 시뮬레이션을 실시하였다. 다음 <표 3>은 가로수를 고려하지 않은 초기 시뮬레이션 결과 중 가로등 간격을 40m로 설정하였을 시 조명기구 설치 높이에 따라 차로별 평균, 최대, 최소 조도와 조도의 균질성에 대한 결과이다.

시뮬레이션 결과에서 평균 노면조도는 KS 기준을 상회하지만 종합 균제도와 차선축 균제도는 기준에 미달된다. 이는 조명기구에 의해 균질한 조명품질을 제공하기에 미흡함을 의미이다. 조명품질의 균질성은 설계 시뮬레이션에서는 적용 조명기구의 배광과 조명기구의 설치 각도의 영향을 많이 받는다. 다음 [그림 5]는 조명기구의 설치 높이에 따른 차도별 조도분포 결과이다.

8m의 설치높이에서는 조명기구가 설치된 측정지점에서 매우 높은 조도를 가지지만 전체적으로 균질한 조명품질을 제공하지 못하고 있다. 반면 12m의 결과는 전체적으로 균질한 품질을 제공하고 있다. 하지만 KS 기준에는 적합하지 않다.



[그림 5] 조명기구 설치 높이에 따른 차로별 조도분포(40m 간격)

다음은 30m의 설치거리에 의한 시뮬레이션 결과이다.

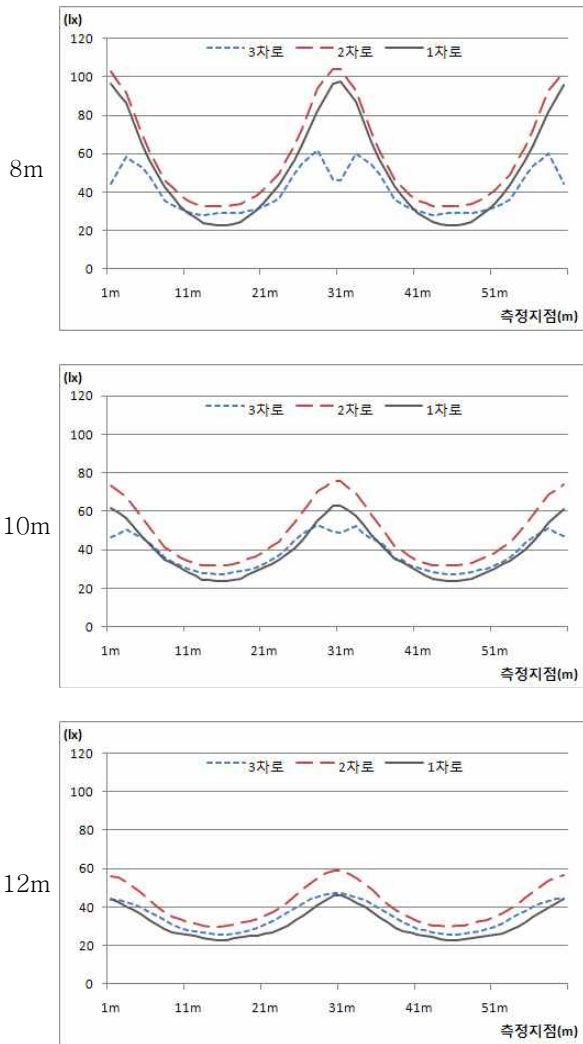
<표 3> 40m 간격의 가로등 설치 시뮬레이션 결과

설치 높이	차로	조도(lx)			차선축 균제도	종합 균제도
		평균	최대	최소		
8m	1	36.6	133.2	6.4	0.07	0.17
	2	43.6	112.8	13.2	0.14	
	3	31.6	76.9	15.3	0.26	
10m	1	29.0	87.9	8.6	0.14	0.27
	2	36.8	79.5	14.8	0.22	
	3	29.6	61.5	16.3	0.32	
12m	1	23.9	61.5	9.6	0.25	0.35
	2	31.5	60.1	16.6	0.32	
	3	26.8	47.8	16.9	0.40	

<표 4> 30m 간격의 가로등 설치 시뮬레이션 결과

설치 높이	차로	조도(lx)			차선축 균제도	종합 균제도
		평균	최대	최소		
8m	1	50.7	122.1	15.6	0.29	0.32
	2	58.0	115.6	30.3	0.32	
	3	40.6	75.9	24.0	0.40	
10m	1	38.7	85.2	16.5	0.43	0.40
	2	48.3	82.4	31.2	0.43	
	3	38.4	65.2	23.4	0.44	
12m	1	31.3	67.9	14.7	0.50	0.42
	2	41.4	63.6	29.7	0.52	
	3	35.0	52.1	22.6	0.50	





[그림 6] 조명기구 설치 높이에 따른 차로별 조도분포(30m 간격)

<표 4>와 [그림 6]의 시뮬레이션 결과 차선축 규제도와 종합 규제도를 만족하는 설계안은 30m 간격으로 가로등의 조명기구를 12m에 설치하였을 경우이며 이 경우가 가장 균질한 조명품질을 제공하고 있다.

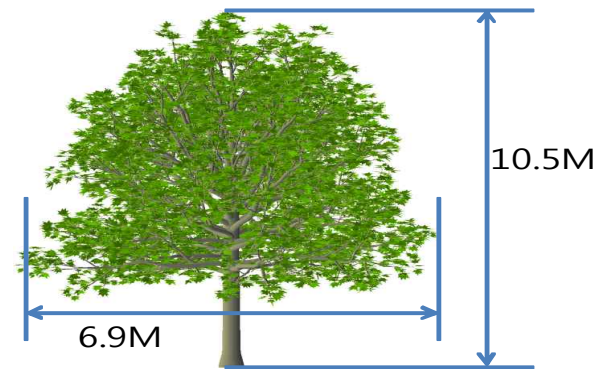
### 5.2 가로수에 의한 영향

도심의 도로는 운전자와 보행자의 안전을 위한 야간 조명이 중요하지만 가로수 역시 녹지공간과 도심 환경 측면에서 중요한 요인이다. 그렇지만 조명에 있어 가로수가 걸림돌이 되는 경우가 있다. 다음 [그림 7]은 야간 조명에 걸림돌이 될 가능성이 높은 가로수 식재의 예를 보여주고 있다.

[그림 7]과 유사한 환경을 모델링하기 위하여 다음 [그림 8]과 같이 가로수를 모델링하였다.

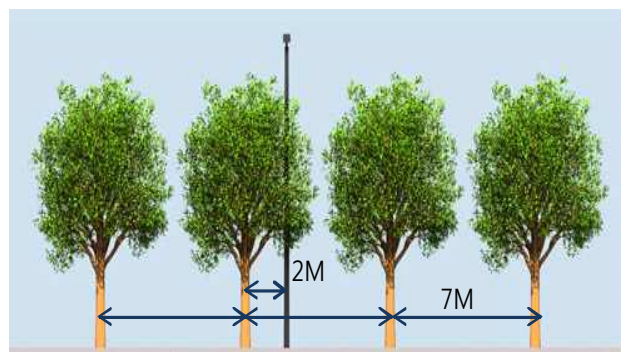


[그림 7] 가로등과 근접한 가로수 식재

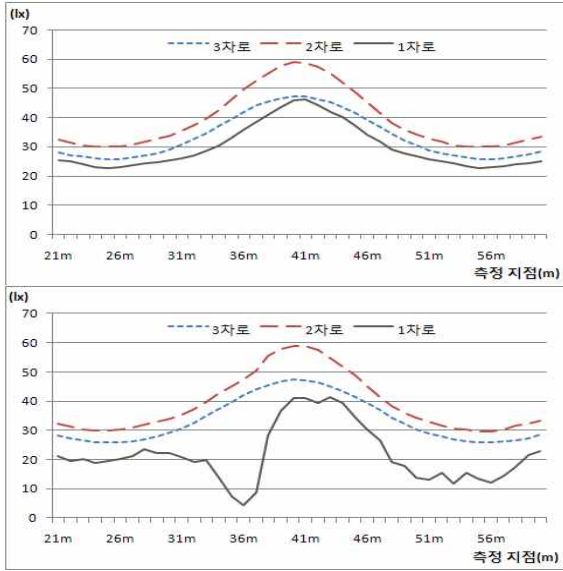


[그림 8] 가로수 모델링

도심에서 가로수의 이격 거리는 일반적으로 6m 이상이 권장되고 있으며 경우에 따라 10m 이상의 이격 거리를 갖는 곳도 있었다. 본 연구에서는 일반적 이격 거리를 적용하기 위하여 7m로 설정하였다. 또한 가로수의 이격 거리는 가로수간 거리로 한정되어 있어 가로등과 매우 근접한 경우가 많이 있다. 최근 가로수 식재는 가로등과의 이격 거리를 고려하지만 가로수 간 이격 거리와 가로등 이격 거리가 일관적이지 못하여 근접하여 식재하는 경우도 발생한다. 다음 [그림 9]는 7m 이격 거리로 설정된 가로수 중 가로등에 근접하여 2m의 거리를 설정하여 모델링한 결과를 보여주고 있다.



[그림 9] 가로수와 가로등의 이격 거리



[그림 10] 가로수 위치 전후의 차로별 조도분포 시뮬레이션 결과

다음 [그림 10]은 설계 시뮬레이션에서 최적의 결과를 보이는 12m 높이의 30m 이격된 가로등에 의한 결과에서 가로수의 영향을 받지 않았을 경우와 가로수의 영향을 받았을 경우의 결과를 보여주고 있다.

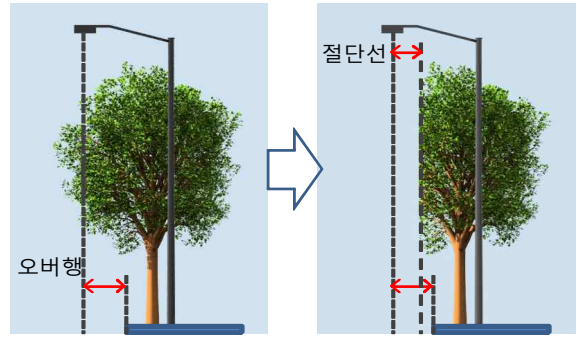
결과에서 가로수의 영향을 받아 조도의 균제도 품질이 크게 영향을 받는 곳은 1차로인 것으로 나타났다.

특히 가로수와 근접한 위치의 조명품질은 크게 나빠지고 있다. 이는 일정한 조명품질을 유지하여 야간 운전자와 보행자의 안전을 보장하기 위한 가로등의 설치 목적을 벗어나고 있다. 또한 가로수의 영향으로 1차로의 조명은 불균일하게 이루어지고 있음을 알 수 있다.

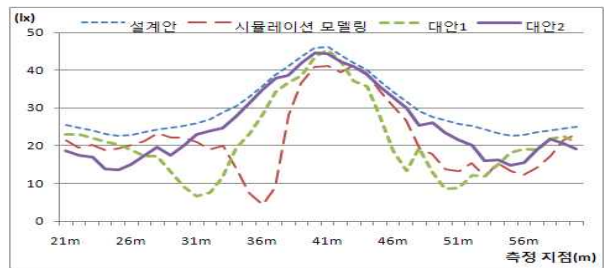
### 5.3 조명품질 개선을 위한 대안

가로수에 의한 조명품질의 저하는 가로수의 식재 초기 혹은 식재 전에는 평가하기 어렵다. 시뮬레이션의 특성상 가상의 대상물에 대한 사전평가 기능을 이용하면 향후 가로수의 성장에 따른 조명품질의 영향을 평가하기 용이하다. 조명품질에 대한 가로수의 영향은 가로수가 성목으로 성장하였을 경우에 나타난다. 특히 타 종류의 가로수와 비교하여 성목의 크기가 거대하고 잎의 면적이 넓은 방사형의 가로수가 영향을 많이 준다.

가로수에 의한 영향을 줄이기 위해서는 가로등의 조명기구가 설치된 오버행보다 도로 방향으로 가로수의 가지가 나오지 않도록 관리하면 조명품질의 저하를 거의 없앨 수 있다. 다음 [그림 11]은 조명품질의 저하가 없도록 가로수의 가지를 관리하기 위해 절단하였을 시 가로수와 가로등의 관계를 보여주고 있다.



[그림 11] 가로수 가지 관리



[그림 12] 대안 평가를 통한 조도분포 비교

그러나 가로수를 [그림 11]과 같이 가지를 절단하게 되면 도심의 미적 관점에서는 나쁜 영향을 준다. 그렇기 때문에 가로수의 성장을 고려하여 식재 초기에 가로등과의 관계를 고려하여 식재하도록 계획되어야 한다. 본 연구에서 설정한 시뮬레이션 모델링에서 가로수의 형태를 보전하면서 가로등의 조명품질 저하를 최소화하기 위한 대안으로 가로수의 이격 거리 중앙에 가로등이 설치될 수 있도록 설계하는 방법과 두 번째 가로등과 가로수의 이격 거리를 동일하게 설정하는 방법이 있을 수 있다. 다음 [그림 12]는 가로수에 의해 대부분의 영향을 받은 1차로에 두 대안을 적용한 시뮬레이션 결과의 조도분포이다.

[그림 12]의 시뮬레이션 평가 결과에서 가로수를 고려하지 않은 조명설계 시뮬레이션 결과인 설계안과 가로수의 영향을 평가하기 위해 모델링한 시뮬레이션 모델링 결과에서 조도의 균질성을 보정하기 위해 가로수 이격 거리 7m를 유지하고 가로수에서 동일한 이격 거리 3.5m 중앙에 가로등을 위치시킨 대안1의 결과는 시뮬레이션 모델링의 결과와 유사하게 조도의 불균질성이 발생하고 있다. 반면 가로수 이격 거리 7m와 동일한 이격 거리를 유지하도록 가로등을 위치시킨 대안2의 결과는 대안1에 비하여 조도의 균질성이 크게 향상되고 있음을 알 수 있다. [그림 11]의 가로수 가지 관리 방안에 의해 도로면 가지를 절단한 시뮬레이션 결과는 설계안의 결과와 동일한 결과를 보임을 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있었다. 결과적으로 가로수의 도심에서 미적 기

능을 상실하지 않고 가로등의 야간 도로조명의 목적을 달성하기 위해서는 도로변에 설치되는 가로등과 가로수를 통합적으로 설계에 반영하여 가로등과 가로수의 이격 거리 및 도로면으로 성장하는 가지의 관리를 적절히 유지시키는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다.

## 6. 결론

본 연구는 조명 시뮬레이션 접근법을 이용하여 도심의 도로에 설치된 가로등의 조명품질을 평가하기 위한 방법을 제시하고 있다. 도심의 도로에서 야간 운전자와 보행자의 안전을 보장하기 위한 규제 측면에서 조명의 품질은 매우 중요한 요인이다. 또한 가로수의 조성도 최근 도시민의 건강과 환경적 측면에서 중요한 요인으로 부각되고 있다. 그렇지만 야간 도로조명 품질의 확보에 있어 가로수의 성장은 조명품질 저하의 원인이 될 수 있다. 본 연구에서 제시한 조명 시뮬레이션 접근법을 이용하여 도로조명 설계단계에서 가로수에 의한 조명품질을 평가할 수 있으며 가로수가 갖는 장점을 최대한 적용하여 설계에 반영할 수 있다. 다만 가로수의 성장이 일률적이지 않을 뿐만 아니라 종류가 다양하기 때문에 이를 표준화하여 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 그렇지만 가로수 식재 후 조명품질 개선을 위해서는 상당한 가로수 및 가로등 관리비용이 발생할 수 있기 때문에 사전에 시뮬레이션 기법을 이용한 평가기법의 중요성이 높다.

향후 연구로는 다양한 가로수의 유형과 성장과정을 반영한 가로수의 일반화 및 표준화를 진행하여 도로조명 설계 시 이를 반영한 기준을 마련하는 연구가 필요할 것으로 판단되며 이를 반영하여 가로수로 인한 문제점을 해결할 수 있는 가이드라인을 제시하는 것이 필요하다.

## 7. 참고 문헌

[1] Iowa SUDAS Corporation, "SUDAS Design Manual.", Iowa Statewide Urban Design and Specifications, 2009

[2] Olkan, C. and Bugra, E., "Roadway Lighting Design Methodology and Evaluation.", Journal of Integrated Design and Process Science, 4 (2000) :1-23

[3] Schreuder, D., "Outdoor Lighting: Physics, Vision and Perception.", Springer, 2008

[4] 강신용, "플라타나스 가로수 적정성 연구", 한국토지개발공사 연구보고서, 1994

[5] 권기태, 신상욱, 이세현, 노재엽, 최석준, 이정근, 서정진, 이규승, 황명근, "도로조명의 효율적 설치.운

영을 위한 조명설계." 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, 1 (2009) :81-84

[6] 경기도, "경기도 가로수 정책간담회 자료", 2009

[7] 박은지, "도시수목의 이산화탄소 흡수량 산정 및 흡수효과 증진 방안.", 경기개발연구원 기본연구보고서, 2009

[8] 성현찬, "가로환경복원을 위한 도시의 주요 가로유형별 가로수 실태에 관한 연구.", 대한국토·도시계획학회지, 38 (2003) :245-257

[9] 오성보, 김일환, 이상근, "제주시 도로조명 실태조사 및 모델링.", 조명·전기설비학회논문지, 20 (2006) :1-5

[10] 오은숙, 김영옥, 최안섭, "공간구조와 보행량을 고려한 도시조명계획 방법론에 관한 연구.", 대한건축학회논문집 계획계, 19 (2003) :93-100

[11] 이소미, 최윤석, 김정태, "ProMetric을 이용한 Lightscape의 경관조명 시뮬레이션 유효성 검증.", 한국조명·전기설비학회 추계학술대회 논문집, 1 (2004) :43-48

[12] 한국표준협회, "KS 도로 조명 기준 KS A 3701:2007." 기술표준원, 2007.11

## 저자 소개

### 이종성



경희대학교 조경학과 이학박사를 취득하였으며 현재, 상지대학교 친환경 식물학부 원예조경학 전공 교수로 재직 중이다. 관심분야는 경관생태학, GIS 그리고 경관시뮬레이션 등 이다.

주소: 강원도 원주시 우산동 660 상지대학교 친환경식물학부 원예조경학과

### 이석준



상지대학교에서 산업공학과 학사, 석사를 취득하고 경영학 박사를 취득하였으며 현재 상지대학교 경영정보학과 교수로 재직 중이다. 관심분야는 시뮬레이션, 데이터마이닝, 추천시스템 등 이다.

주소: 강원도 원주시 우산동 660 상지대학교 경영정보학과