

# 가로등 배광의 실태조사를 통한 조명환경관리구역별 상향광속률 기준 마련을 위한 연구

(A Study on Making Upward Lighting Ratio Regulation for Lighting Zone Based on the Light Distribution of Streetlight Site Survey)

이영진\* · 서영석 · 오민석 · 김희서\*\*

(Young-Jin Lee · Young-Seok Seo · Min-Seok Oh · Hway-Suh Kim)

## Abstract

There have been light pollution standards just for architectural lighting and sign in the "Light Pollution Abatement Law" so far. However, both of them regulate only one of the three main light pollution elements—"Glare". Therefore, it is imperative to do research on the other two light pollution elements—"Upward" and "Light Trespass" and make proper restriction.

Subsequently, this study focuses on the upward light from the street light and suggests its analysis method. Eventually, this study aims to make viable management which is suitable for the nation and, in addition, to suggest appropriate level of restriction to "Light Pollution Abatement Law" by doing site survey.

Key Words : Light Pollution, Upward Light, ULR(Upward Lighting Ratio)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

조명기술의 발달과 더불어 도시는 밤과 낮의 구별

- 
- \* 주저자 : 단국대학교 건축공학과 석사과정
  - \*\* 교신저자 : 단국대학교 건축공학과 교수
  - \* Main author : Department of Architectural Engineering, Dankook University, the master's course
  - \*\* Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Dankook University, Professor  
Tel : 031-8005-3749, Fax : 031-8005-7225  
E-mail : sosofly@naver.com
- 접수일자 : 2012년 7월 13일  
1차심사 : 2012년 7월 17일, 2차심사 : 2012년 8월 16일  
3차심사 : 2012년 8월 21일  
심사완료 : 2012년 8월 23일

이 없는 환경으로 변화되어 야간시간대의 조명의 역할은 점점 더 확대되어 왔으며, 최근에는 조명의 심미적 기능과 더불어 지나친 상업주의, 경쟁심리 등에 따른 야간 옥외조명의 부정적인 측면이 이슈화되면서 '빛공해'라는 개념이 사회적 문제로 대두되기에 이르렀다[1].

이러한 빛공해의 종류로는 글레어, 상향광, 침입광이 있으며, 2012년 2월 환경부에서는 이러한 빛공해를 방지하기 위한 제도화의 일환으로 「인공조명에 의한 빛공해 관리지침」을 마련하여 2013년 시행을 앞두고 있다.

하지만 현재까지의 '빛공해 방지법'은 글레어를 규제할 수 있는 건축물 조명 및 발광광고물의 평균 휘도 기준만을 제시하고 있으며, 상향광 및 침입광의 관리

방안에 대해서는 아직까지 국내 여건이 반영된 실태 조사가 이루어지지 않아 구체적인 대안이 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 특히 상향광속률의 기준 마련을 위한 선행 연구로서 배광분포 파일 분석을 통하여 국내 실정에 적합한 가로등의 상향광속률 기준을 마련하고자 하며, 그간 빗공해 관련 연구에서 제외되었던 상향광의 분석 방법을 제시하여 원활한 법 시행에 이바지하고자 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

빗공해에 있어 상향광의 대상은 옥외 조명기구를 모두 포괄하는 범위이나, 본 연구에서는 실태조사를 통한 가로등의 현황을 분석하여, 국내 실정에 맞는 조명환경관리구역별 가로등의 상향광속률 기준을 제시하고자 한다[1-2].

국내 가로등에 대한 규제는 주로 KS 도로조명기준에 중심을 두고 있으며, 자칫 가로등에 대한 상향광 관리기준이 이에 혼란을 줄 수 있으므로, KS도로조명기준에 대한 검토를 동시에 진행하여 기존의 도로조명 기준을 만족하는 범위에서 상향광 관리방안을 제시하였다.

본 연구는 실태조사를 통해 조명 각 형태를 조사하고, 배광 시뮬레이션을 통하여 상향광을 분석함으로써 국제기준(CIE)에 따른 조명환경관리구역별 적합 여부를 판단하였다. 이후 상향광 분석 및 평가를 통해 향후 국내 실정에 적합한 상향광 관리방안의 근거자료를 마련하였다.

## 2. 이론고찰

### 2.1 상향광의 개념 및 영향

조명기구의 상향광은 조명기구를 설계상 정상 위치에 설치했을 때 수평선 윗방향으로 방출되는 광속을 말한다. 일반적으로 국제조명위원회 CIE 150 : 2003에서는 상향광속률(ULR : Upward Light Ratio)의 현장

(사후) 측정이 불가능하다고 명시되어 있으며, 현재까지의 상향광 관리기준은 상향광속률에 대한 관리 규정이 대부분이다. 상향광의 영향으로는 일반적으로 산란광에 의한 천체관측의 방해와 에너지 낭비를 들 수 있다[3].

- 천체관측의 방해 : 천문 관측소 주변 도시지역의 과도한 옥외조명으로 발산되는 인공 빛이 대기 중의 수분이나 먼지 등에 의해 빛 산란현상을 일으켜 밤하늘이 밝아지면서 천체관측의 영향을 준다.
- 에너지 낭비 : 상향광이 많은 조명기구는 그만큼 누출광의 형태로 발산되는 광속의 양이 많다는 것을 의미하며, 조명설치 목적 이외의 불필요한 빛을 발생함으로써 에너지 낭비를 초래하게 된다.

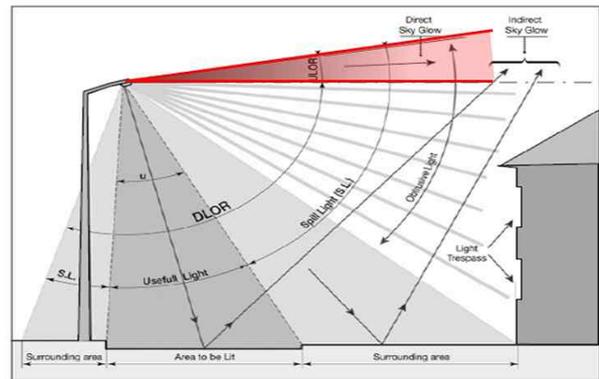


그림 1. 상향광의 개념  
Fig. 1. Conception of Upward Light

### 2.2 상향광속률 계산

상향광속률이란, 조명기구를 설계상 정상 위치에 설치했을 때 수평선 윗방향으로 방출되는 광속과 조명기구 전체의 광속에 대한 비율을 말한다. 국제조명위원회(CIE)에서 상향광속률의 계산은 그림 2와 같은 방법으로 산정하며 이러한 식에 따라 산출된 상향광속률은 조명기구의 설계단계에서 설치하지 않았을 경우를 의미한다.

국제조명위원회(CIE)에 따르면 결과적으로 상향광속률은 조명기구의 설계 시와 설치 시(ULORinst)의

상향광속률이 일치해야 한다고 권고하고 있다.

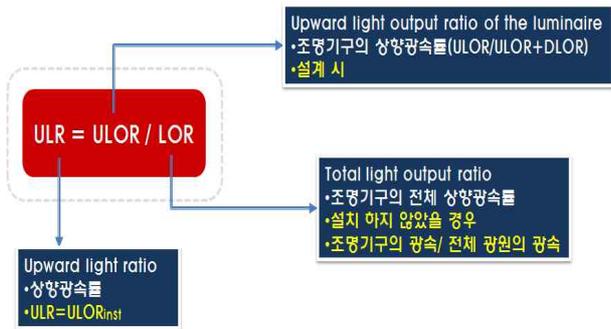


그림 2. 상향광속률 계산  
Fig. 2. Calculation of Upward Light Ratio

### 2.3 국제기관별 상향광 관련 기준

#### 2.3.1 국제조명위원회(CIE)[5-6]

국제조명위원회(CIE)에서는 상향광과 관련한 구체적인 기준을 다음 표 1과 같이 정의하고 있다. 전 세계적으로 상향광 관리기준은 국제조명위원회(CIE)에서 권장하고 있는 조명환경관리구역별 상향광 관리기준을 차용·준용하고 있는 것이 대부분이며, 옥외조명기구를 통합하여 최대허용기준 25%로 한정하고 있다.

표 1. CIE의 환경지역  
Table 1. CIE Lighting Zone

지역	환경	환경지역의 밝기	적용의 예
E1	자연	어두운 경관의 지역	국립공원 등
E2	시골	낮은 휘도 분포지역	산업, 전원주택지역
E3	교외	중간 휘도 분포지역	산업, 주거지역
E4	도시	높은 휘도 분포지역	야간활동이 활발한 지역

#### 2.3.2 조명기술자협회(ILP)[7]

조명기술자협회(ILP)에서는 야간 조명계획을 세울 시, 상향조명을 신중하게 고려하고 조심스럽게 사용하여야 한다고 제안을 하고 있다. 조명을 적절하게 설치하여 상향으로 새어나가는 빛을 최소화하도록 하기 위하여 표 2와 같이 상향광속률을 규정하고 있다.

조명·전기설비학회논문지 제26권 제10호, 2012년 10월

표 2. CIE 상향광속률의 최대값  
Table 2. CIE Maximum Value of ULR

조명 기술의 지표	이용조건	조명환경관리구역			
		E1	E2	E3	E4
상향 광속률 (ULR) (%)	조명기구를 설치위치에 장착할 때 조명기구의 총 출력되는 광속에 대한 수평선 위로 방사되는 광속	0	5	15	25

(출처: CIE 126-1997)

표 3. ILP 상향광속률의 최대값  
Table 3. ILP Maximum Value of ULR

기준	조명환경관리구역			
	E1	E2	E3	E4
상향광속률 (%)	0	2.5	5.0	15.0

### 2.4 국가별 상향광 관련 기준

#### 2.4.1 일본

일본은 1998년 광해 대책 가이드라인이 만들어졌으며, 지역조명계획을 세울 때 4단계의 조명환경으로 나누고 그에 따른 이미지 및 목표환경을 설정하여 관리하고 있다. 이는 국제조명위원회(CIE)가 제시한 '옥외조명등 가이드라인' 과 유사한 형태를 보이며, 일본 환경성의 광해대책 가이드라인에서는 조명환경구역을 안심(보안등)과 즐거움(가로등)으로 나누고 있다. 조명기구의 상향광을 안심(보안등)의 경우에는 1, 2종은 0%, 3, 4종은 0~5%로 나누고 있으며, 즐거움(가로등)의 경우에는 1, 2종은 상향광속률 기준을 두고 있지 않으며 3, 4종은 단기와 장기적 목표로 분류하여 0~20%, 0~15%로 기준을 두고 있다[8].

#### 2.4.2 프랑스

프랑스의 빛공해 방지기준은 환경법전(Code de l'environnement) 제5권(오염, 위험 및 공해방지) 제8부(생활환경보전) 제3장(빛공해 방지)에서 빛공해에 대한 원칙적인 내용을 규정(환경법전 L583조)하고 있다. 한편 이에 적용을 받는 조명시설은 총 발광량(puissance lumineuse totale), 조명사용의 유형, 설치

지역 및 가동되는 장비 등을 고려하여 데크레(décret)에서 정하도록 하고 있다.

현재까지 상향광 관리기준은 마련되어 있지 않으나, 도심 이외의 지역은 0%, 도심지역은 3% 이내로 관련 규정을 마련하는 것을 고려하고 있다.

### 2.4.3 슬로베니아

슬로베니아는 프랑스와 유사한 법령의 체계를 가지고 있다. 슬로베니아의 빗공해 방지법은 하위법의 개념이며, 2007년 8월 30일, 빗공해법(Slovenské právo o svätelném znečistěni)을 제정하였다. 이 법은 2007년 9월 22일부터 시행되고 있으며, 2009년 개정되어 국가차원에서 빗공해를 종합적으로 관리하기 위한 법제를 마련하고 있는 최초의 국가로 평가되고 있다.

이 법은 조명기구의 상향광속률을 0%로 규제하고 있다.

## 3. 본 론

### 3.1 배광파일 분석방안

본 연구에서는 가로등의 배광분포 파일의 확보를 중심으로 조사를 진행하였으며, 이후 배광분포 파일을 분석하여 상향광속률을 조사하였다.

배광분포 파일 조사 방법으로 현장조사를 통한 조명갓 형태에 따라 유사 배광분포 파일 조사와 조명업체 방문을 통한 배광분포 파일 조사로 나누어 진행하였다. 상향광의 분석은 배광분포 파일을 활용하여 상향광 시뮬레이션을 통해 배광곡선, 조명갓 형태별 분류 및 상향광속률을 분석하였으며, 이후 국제 기준에 따른 조명환경관리구역에 따라 사용가능 범위를 나타내었다.

또한 상향광속률 분석 시 국내 KS A 3701 도로조명 기준에서 명시하고 있는 가로등의 허용 경사각도(0~5도)를 고려하였다. 상향광 분석 방안으로서는 경사각도에 대한 분석이 가능한 Optisworks를 사용하였으며, 이는 물리기반의 광학 시뮬레이션 프로그램으로서 단순한 배광분포 데이터 뿐만 아니라, 휘도, 조도, 광도에 대한 복합적 광학적 결과 분석을 가능하게 하는 소프트웨어이다.

구분	상향광속률 기준					
	CIE 기준		서울시 기준			
	1종 조명환경관리구역	0%	X	1종 조명환경관리구역	0%	X
	2종 조명환경관리구역	0~5%	✓	2종 조명환경관리구역	5%	✓
	3종 조명환경관리구역	5~15%	✓	3종 조명환경관리구역	10~15%	✓
	4종 조명환경관리구역	15~25%	✓	4종 조명환경관리구역	20%	✓
	경사각도 0°	-> 3.6%		5종 조명환경관리구역	25%	✓
	경사각도 5°	-> 4.2%		6종 조명환경관리구역	30%	✓

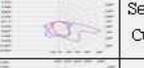
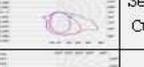
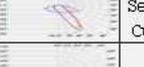
그림 3. 상향광속률 분석(경사각도 고려)  
Fig. 3. Analysis of ULR (Consideration of Tilt)

### 3.2 배광분포 파일을 이용한 상향광 분석 결과

상향광 분석은 두 가지 형태로 실시하였다. 첫 번째는 조명갓 형태에 따라 조사한 배광분포 파일을 분석하는 방안이고, 두 번째는 조명업체의 방문을 통하여 조사한 배광분포 파일을 분석하는 방안이다. 두 가지 분석방안 모두 경사각도를 적용하여 분석하였다.

#### 3.2.1 조명갓 형태에 따라 조사한 배광분포 파일 분석

아래 그림 4와 같이 조명갓 형태에 따라 조사한 배광분포 파일 분석 결과, 총 20개의 가로등 중 3개를 제외한 나머지 17개의 가로등은 모두 상향광속률 5% 이내의 범위에 속하였다. 그 중 절반 이상의 가로등은 상향광속률 1% 내외로 나타났다.

No	조명기구	배광곡선	조명갓 형태	상향광속률(%)		사용가능 범위	
				경사각도		경사각도	
				0°	10°	0°	10°
1			Semi - Cutoff	2.1	5.4	2종	3종
2			Semi - Cutoff	2.6	3.6	2종	2종
3			Semi - Cutoff	1.6	5.0	2종	3종
4			Semi - Cutoff	2.1	4.3	2종	2종
5			Semi - Cutoff	0.2	1.8	2종	2종
6			Semi - Cutoff	2.5	3.5	2종	2종

6			Semi - Cutoff	2.5	3.5	2종	2종
7			Cutoff	1.4	3.1	2종	2종
8			Cutoff	1.5	2.9	2종	2종
9			Cutoff	1.4	2.1	2종	2종
10			Cutoff	1.8	2.1	2종	2종
11			Cutoff	1.6	2.0	2종	2종
12			Cutoff	0.2	1.4	2종	2종
13			Cutoff	0.6	2.0	2종	2종
14			Full - Cutoff	1.5	1.9	2종	2종
15			Full - Cutoff	0.6	3.1	2종	2종
16			Full - Cutoff	1.4	2.1	2종	2종
17			Full - Cutoff	0.2	2.1	2종	2종
18			Cutoff	0.5	0.5	2종	2종
19			Full - Cutoff	0.8	0.8	2종	2종
20			Full - Cutoff	0.2	0.2	2종	2종
21			Full - Cutoff	0.3	0.3	2종	2종
22			Full - Cutoff	0.8	0.8	2종	2종

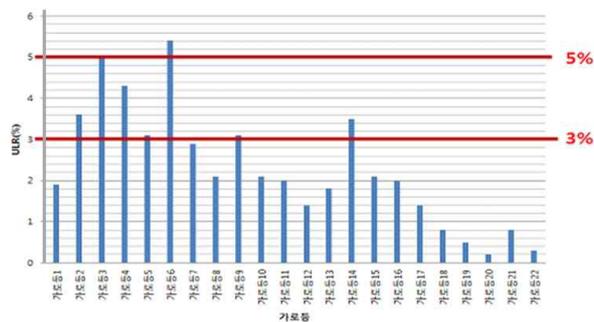


그림 4. 가로등 분석 결과(1)  
Fig. 4. Streetlights Analysis(1)

### 3.2.2 조명업체 방문을 통해 조사한 배광분포 파일 분석

아래 그림 5와 같이 조명업체 방문을 통해 조사한 배광분포 파일 분석 결과 총 22개의 가로등 중 하나의 가로등을 제외한 모든 가로등이 상향광속률 5% 이내의 범위로 나타났다. 그 중 절반 이상의 가로등은 상향광속률이 3% 이하로 나타났다.

No	조명기구	유사 ies 파일 배광곡선	조명 기 형태	상향광속률(%)		사용가능범위	
				경사각도 0°	경사각도 10°	경사각도 0°	경사각도 10°
1			Semi - Cutoff	3.6	4.2	2종	2종
2			Semi - Cutoff	3.6	7.6	2종	3종
3			Semi - Cutoff	3.5	7.6	2종	3종
4			Semi - Cutoff	3.3	5.1	2종	3종
5			Semi - Cutoff	4.3	6.0	2종	3종
6			Semi - Cutoff	3.6	3.9	2종	2종
7			Cutoff	4.3	4.8	2종	2종
8			Cutoff	0.7	1.0	2종	2종
9			Full - Cutoff	3.7	5.0	2종	3종
10			Full - Cutoff	0.2	1.1	2종	2종
11			Full - Cutoff	0.5	1.2	2종	2종
12			Full - Cutoff	0.1	0.6	2종	2종
13			Full - Cutoff	0.5	1.0	2종	2종
14			Full - Cutoff	0.2	0.6	2종	2종
15			Full - Cutoff	0.3	1.3	2종	2종
16			Full - Cutoff	0.4	2.3	2종	2종
17			Full - Cutoff	0.2	1.1	2종	2종
18			Full - Cutoff	0.2	1.0	2종	2종
19			Full - Cutoff	0.2	0.5	2종	2종
20			Full - Cutoff	0.2	0.7	2종	2종

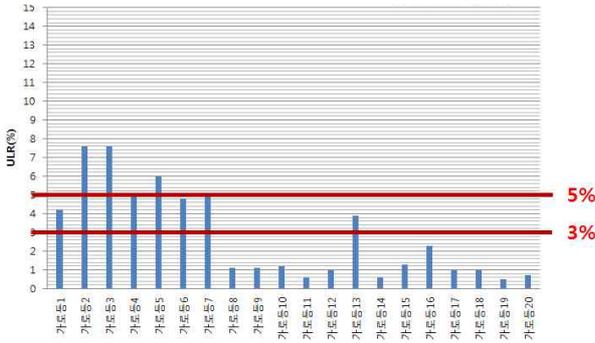


그림 5. 가로등 분석 결과(2)  
Fig. 5. Streetlights Analysis(2)

### 3.3 소결

위와 같이 총 42개 배광분포 파일의 상향광 분석 결과 조명기구의 경사각도를 주었음에도 불구하고, 대부분의 가로등이 상향광속률 0~5% 이내의 범위로 나타났으며, 그 중 절반 이상의 가로등은 상향광속률이 3% 이내로 나타났다. 그로 인해 분석한 대부분의 가로등은 제 1종 조명환경관리구역을 제외한 모든 구역에서 사용 가능하다고 판단되었다.

조사한 배광분포 파일을 이용하여 실시한 가로등의 상향광 분석 결과를 통해서 알 수 있듯이 기존의 대부분의 국제기관에서 적용하고 있는 상향광속률 기준은 실제 가로등의 분석 결과와 차이가 있었다. 이는 가로등에 국한된 기준으로 보기보다는 옥외 조명기구에 대한 포괄적 기준으로 보아야 할 것이다. 그러므로 본 연구를 통하여 현재 상향광속률 기준의 범위를 축소할 필요가 있다고 판단되었다.

## 4. 결 론

상향광에 대하여 국외 기준에서는 국제조명위원회(CIE) 및 조명기술자협회(ILP) 등 대부분의 국제기관에서 상향광속률 기준을 채택하고 있으며, 상향광속률 기준을 제시하고 있는 대부분의 국가에서는 이에 따라 상향광 관리방안을 제시하고 있는 실정이다.

현재 국내·외 상향광속률의 관리기준은 0~30%의 범위에서 폭넓게 권고하는 수준이나, 향후 상향광 관리기준의 제도화를 통해 법적인 효력이 발생할 경

우, 상향광속률 1~2%의 차이에 의해 위반여부가 결정될 것이므로, 위와 같은 상향광속률의 정확한 예측이 필요하다고 판단된다.

또한 상향광의 분석은 국내의 경우, 이후 상향광 관리기준의 발효 시 KS A 3701(도로조명기준)의 부합여부에 대한 판단 또한 동시적으로 이루어져야 하므로, 국내 도로조명기준(노면평균휘도 및 경사각도 등)을 동시에 분석할 수 있는 방안이 가장 효율적일 것이라 판단된다.

국내의 상향광에 대한 관리기준 및 조명환경관리구역 설정은 국제조명위원회(CIE)에서 지정한 상향광속률 기준과 비슷한 형태를 나타내고 있으나 측정방법이나 기준 도출에 대해 유효성 있는 근거가 부족한 상태이다. 이에 본 연구는 국내 실정에 맞는 근거를 제시하기 위하여 상향광속률을 분석하여 환경부의 「인공조명에 의한 빛공해 관리지침」에 걸맞는 조명환경관리구역별 조명기구의 상향광 기준 설정 방안에 대해 검토하였다.

이를 통해, 본 연구에서는 국내·외 사례조사의 결과와 조사한 총 42개의 배광분포 파일을 이용한 상향광 시뮬레이션을 토대로 산정된 상향광 분석을 근거로 하여 다음과 같은 조명환경관리구역별 가로등의 상향광 기준을 1, 2종은 3%, 3, 4종은 5%로 제안한다.

향후 가로등 이외 보안등 및 공원등의 상향광속률 기준은 본 연구와 같이 실측결과를 활용한 별도의 기준마련이 필요하다고 사료된다.

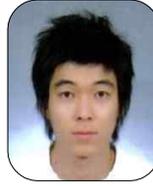
표 4. 가로등의 상향광속률 기준 방안  
Table 4. Streetlights Standard Scheme of Upward Light Ratio

조명환경 관리지역	토지용도(참고)	가로등 상향광속률(%)
제 1 종	자연환경 보전지역 등	3
제 2 종	농림지역, 생산녹지지역 등	
제 3 종	주거지역 등	5
제 4 종	상업지역 등	

본 연구는 환경부 “차세대에코이노베이션 기술개발사업”으로 지원 받은 과제임.

### References

- [1] Ministry of Environment, “Investigation about the Light Pollution and Development about the Light Pollution Guidelines”, 2010.
- [2] Ministry of Environment, “Artificial lighting by light pollution management guidelines”, 2011.
- [3] Seoul Metropolitan Government, “Light pollution prevention and urban lighting management ordinance”, 2010.
- [4] Korean Industrial Standards KS A 3701 Road lighting standards.
- [5] CIE 150:2003 “Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations”.
- [6] CIE 126:1997 “Guidelines for Minimizing Sky Glow”.
- [7] ILE 2005 “Guidance Note for the Reduction of Obtrusive Light”.
- [8] Light pollution measures Guidelines, Ministry of the Environment of Japan, 2001. 9(光害防止制度に係わるガイドブック, 日本環境省, 2001. 9).



**서영석 (徐榮錫)**

1983년 5월 30일생. 2009년 단국대학교 건축공학과 졸업. 2011년 단국대학교 건축공학과 졸업(석사). 2011~현재 단국대학교 건축공학과 박사과정.



**오민석 (金會瑞)**

1970년 12월 16일생. 1997년 단국대학교 건축공학과 졸업. 1999년 단국대학교 건축공학과 졸업(석사). 2004년 단국대학교 건축공학과 졸업(박사). 2008년~현재 단국대학교 건축대학 건축공학과 연구교수.



**김희서 (金會瑞)**

1953년 7월 27일생. 1979년 한양대학교 건축공학과 졸업. 1982년 日本 京都大學校 建築工學科 졸업(석사). 1986년 日本 京都大學校 建築工學科 졸업(박사). 1988년~현재 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수.

### ◇ 저자소개 ◇



**이영진 (李榮眞)**

1984년 3월 11일생. 2011년 단국대학교 건축공학과 졸업. 2011년~현재 단국대학교 건축공학과 석사과정.