

평균조도값 산출 방법의 표준화

최안섭 <세종대학교 건축공학과 교수>

1 서론

조명디자이너들이 실내공간의 조명계획을 세우기 위해서는 여러 가지를 고려해야한다. 실내공간의 활동 목적을 먼저 살펴 본 후, 실내 마감재의 색과 특성, 사용되는 가구, 재실자의 요구 등을 고려해서 조명광원과 조명기구를 선택한다. 그리고 적절한 조명기구의 배치를 통해 그 공간에 부합한 빛환경을 창출하게 된다. 이렇게 하여 아름답고 적절한 빛환경이 만들어 지는데, 조명계획시 먼저 고려해야 할 사항 중의 하나가 그 공간에서 필요한 정량적인 조명의 양이다. 그것은 각 공간의 기준조도라 하며, 공간의 목적과 재실자의 활동 특성을 반영하여 재실자의 시각적 활동에 필요한 최소조도를 일컫는다. 물론, 공간이 밝을수록 시환경에 좋은 경우도 있지만 에너지와 눈부심 측면을 고려해서 적절한 수준의 조명을 기준으로 사용하고 있다. 좀 더 세분화된 기준조도에서는 재실자의 나이, 작업의 정밀도 정도, 실내공간의 휘도대비 정도를 고려하여 그 가중치를 계산한 후 기준조도를 정하기도 한다.

이러한 기준조도는 그 공간의 평균조도를 의미한다. 그러면, 공간의 평균조도를 어떠한 방법으로 산출하느냐에 따라 그 공간의 정량적인 빛의 양을 정확히 나타내고 있는지, 아니면 잘못 나타내고 있는지가 결정될 수 있다. 유사한 빛의 양을 가진 공간에서 평균값을 어떻게 산출하느냐에 따라 평균값들이 상이할

수 있으며, 이와는 반대로 빛의 양의 차이가 있는 공간이 평균값 산출방법에 따라 유사한 평균값으로 산출될 수도 있다. 평균조도 산출값에 가장 큰 영향을 주는 요인은 조명기구의 배치와 평균조도 산출에 필요한 측정점의 수와 위치이다. 그 공간의 조명기구의 배치 및 측정점의 위치와 개수에 따라 평균조도 산출값들이 상이할 수 있기 때문이다.

공간내의 여러 점의 조도는 공간의 형상과 조명기구의 배광 및 배치 등에 의해 다를 수밖에 없기 때문에 공간의 조명 균일도 정도를 균제도로 나타내고 있다. 균제도는 일반적으로 공간내의 최소조도값을 그 공간의 평균조도값으로 나누어 나타내고 있으며, 경우에 따라 최소 조도값을 최대조도값으로 나누어서 나타내기도 한다.

본 저자는 평균조도 산출방법에 대한 문제점을 논문을 통해서 제기한 바 있으며, 최근 LED조명기구가 기존조명을 대체하고 있는 상황에서 더 깊은 논의가 필요한 시기라 판단되어 그 내용을 다시 상기하고자 한다. LED조명으로의 교체 후, 조명기구의 직하 조도만 측정하여, 기존조명 대비 몇 퍼센트의 조도 향상이 있었다고 발표하는 경우들이 있는데, 이것은 LED조명의 배광특성이 기존의 조명과 달리 직진성이 강하기 때문에 직하조도가 높을 수 밖에 없는 상황을 이용하고 있는 것이라 생각된다. 그렇기 때문에, 단지 직하조도만이 아니라 공간전체의 평균조도를 산출하

여 나타내는 것이 더 합리적일 것이다. 현재 국내에서는 KS 평균조도 산출 방법을 사용하고 있으며, 공간의 조명배치 상태를 제대로 반영할 수 없을 때에는 북미조명공학회(IESNA)의 방법을 준용하고 있다. 본고에서는 이러한 방법들을 소개하고, 실제 사례를 통한 평균조도 산출방법과 그 값들의 차이에 대해 알아보고자 한다.

2. 본 론

조명계획을 수행할 때, 선택된 조명기구의 광원 광속, 배광, 배치 등의 적절성을 조도시뮬레이션을 통해 검토하고 있다. 일반적인 사무실의 경우에는 선택된 조명기구의 배광파일을 쉽게 구할 수 있는 경우가 대부분이기 때문에 조도시뮬레이션을 통해 조명계획의 적절성을 판단할 수 있다. 그러나 주택조명의 경우에는 사용되는 조명기구의 배광파일을 구하기 어려운 경우가 많아서, 광속법을 통한 수계산으로 평균조도를 산출하거나, 관례적으로 사용되고 있는 광원의 개수와 유사한 형태들의 조명기구를 선택하여 배치하고 있다.

주거공간의 경우에는 방이나 거실의 중앙에 하나의 조명기구만을 배치하는 것이 일반적이다. 이러한 공간들은 면적이 넓어짐에 따라 균제도가 저하될 수 밖에 없으며, 산출된 평균조도값의 적절성에 대한 의문이 들 수 있다. 조명기구가 설치된 후에는 계획된 조도와 차이가 발생하기도 하며, 어느 곳을 측정하느냐에 따라 평균조도값의 신뢰성이 달라 질 수 있다.

현재 공간의 평균조도를 산출하는 방법은 KS 평균조도의 산출 방법(KS C 7612), 또는 북미조명공학회(IESNA)의 방법을 사용하고 있다. 두 방법 모두, 조명기구의 배치에 따라 평균조도의 산출방법을 다르게 제시하고 있으며, 북미조명공학회의 경우에는 여러 경우의 조명기구의 배치들을 고려한 방법들을 제시하고 있다.

KS 조도 측정기준은 주로 시작업면에 대해 수평면

조도를 나타내지만 작업내용에 따라 수직면 또는 경사면의 조도를 표시하기도 한다. 조도를 측정하는 높이에 대해서는 특별한 지정이 없는 경우에 바닥면 위 80±5cm를 기준으로 측정하며, 거실과 같이 앉아서 작업을 하는 경우에 바닥면 위 40±5cm, 복도나 옥외인 경우인 경우는 바닥면 위 15cm 이하에서 측정한다.

그림 1과 같이 실의 중앙에 하나의 조명기구 설치된 공간에서 평균조도를 측정하는 KS 방법은 실의 각 모서리를 기준으로 벽면으로부터 50cm 떨어진 곳의 4점과 실의 조명기구 직하부인 1점을 포함하여 총 5점을 작업면 높이 80±5cm에서 조도를 측정한다. 그래서 통상 5점법이라 일컫는다. 각 측정된 값들은 수식 (1)과 같은 방법으로 평균조도 E를 산출한다. 그림 1은 KS 평균조도 산출법인 5점법에 의한 조도 측정 위치를 나타내며, 수식 (1)은 5점법에 의한 평균조도를 산출하는 식을 나타낸다. 중앙 조도값을 (Emg) 두 번 고려하여 그 영향을 강조하고 있다. 그리고 벽면 4 포인트(Em1-Em4)는 공간의 크기와 관계없이 벽면으로부터 50cm 떨어진 곳으로부터 측정해야 하기 때문에, 공간의 크기가 커지면 중앙 조도값(Emg)과의 차이가 증가할 수 있다.

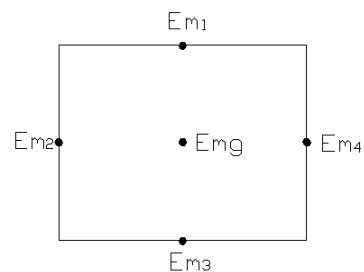


그림 1. KS 5점법에 의한 조도 측정위치

$$E = \frac{1}{6} (\sum Em_i + 2Em_g) \quad (1)$$

반면, 북미조명공학회에서 제시한 측정방법은 조명기구를 중심으로 각각의 모서리와의 중앙지점인

P-1, P-2, P-3, P-4에서 작업면 높이 85cm의 조도를 측정하고, 수식 (2)와 같이 총 4값의 산술평균인 E를 통하여 평균조도를 산출한다(그림 2). 이 방법은 중앙과 구석 부분에서 예상되는 최대 및 최소 조도값을 배제함으로써 전체 공간의 평균적 개념을 좀 더 강조하고 있으며, 4점법이라 부르기도 한다.

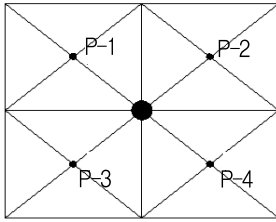


그림 2. IES의 4점법에 의한 조도 측정위치

$$E = \frac{1}{4}(P-1 + P-2 + P-3 + P-4) \quad (2)$$

KS에서는 다점법도 제시하고 있는데, 여러 개의 조명기구로 이루어진 공간에서 조도를 측정하고 평균조도를 산출할 때 적용된다. 일정간격의 여러 조도값을 측정하고, 그것의 산술적인 평균값으로 평균조도를 산출한다. 그림 3은 다점법에 의한 조도 측정의 위치를 나타내며, 수식 (3)은 다점법에 의한 평균조도를 산출하는 식이다. 일반적으로 통용되는 평균개념에 가장 근접하나, 조명기구의 배치 특성을 반영하지 못하는 경우도 발생할 수 있으며, 무엇보다도 많은 포인트의 조도를 측정해야 하는 어려움이 있다.

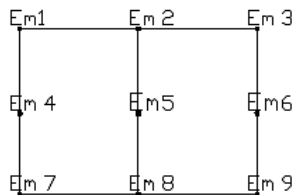
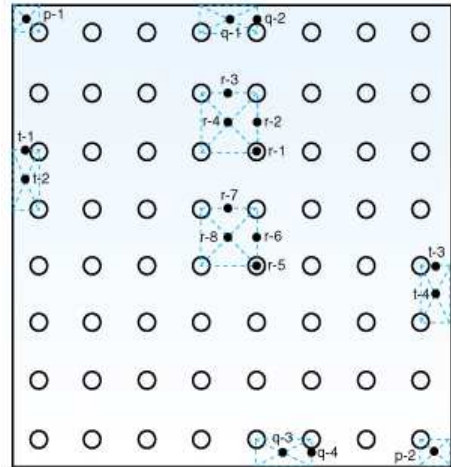


그림 3. KS 다점법에 의한 조도 측정위치

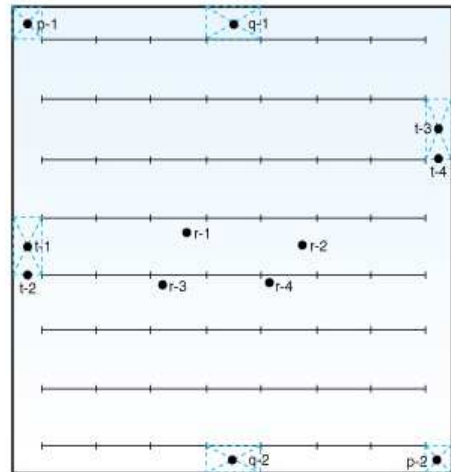
$$E = \frac{1}{i} \sum Em_i \quad (3)$$

북미조명공학회에서는 좀 더 다양한 조명배치에 대한 산출방법을 다음의 그림 4와 같이 제시하고 있다.



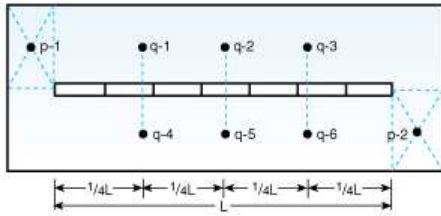
average illuminance

$$= \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM}$$

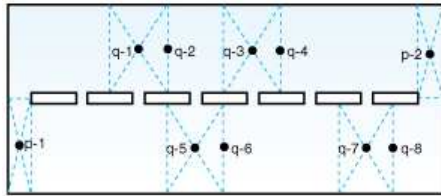


average illuminance

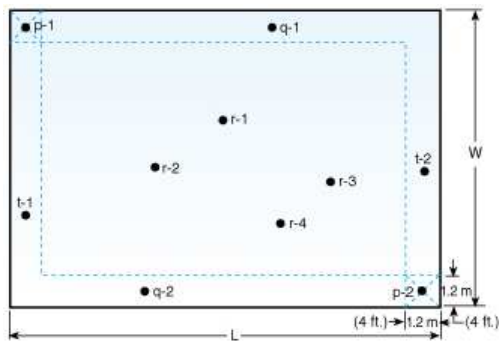
$$= \frac{RN(M-1) + QN + T(M-1) + P}{M(N+1)}$$



$$\text{average illuminance} = \frac{QN + P}{N + 1}$$



$$\text{average illuminance} = \frac{Q(N - 1) + P}{N}$$



$$\text{average illuminance} = \frac{R(L - 8)(W - 8) + 8QL - 8 + 8T(W - 8) + 64P}{WL}$$

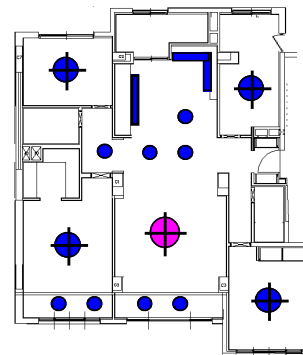
그림 4. 북미조명공학회의 여러 가지 평균조도 산출방법

이러한 산출 방법들의 정확성을 알아보기 위해 과거 측정된 결과들을 살펴보기로 한다. 다음의 내용은 본 저자의 과거 한국조명전기설비학회 논문지에서 발췌한 내용이다.

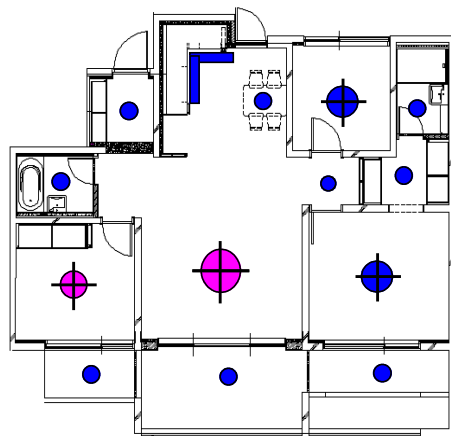
공동주택의 조명방식이 보통 하나의 조명기구에 의한 중앙집중 방식임을 분석한 후, 측정 대상지인 S주

택전시관(32평: 그림 5-1)과 방배 S아파트(60평: 그림 5-2)를 대상으로 거실과 침실(안방 및 작은 방)의 조도를 KS 5점법 및 다점법과 북미조명공학회 4점법으로 측정하고 평균조도를 산출하였다. 또한 측정된 조도 값들과 평균조도의 타당성을 비교하기 위해 조명시뮬레이션을 실시하였다. 조명시뮬레이션은 Lumen-Micro 7.1의 모델링 기능을 통해 수행되었으며, 실제 측정 포인트를 포함하여 X축과 Y축 최대 20포인트를 설정하였다.

표 1은 각 공간에 사용된 조명기구 사양이다. 두 측정 대상지에 모두 동일하게 적용되었고 조명기구업



<5-1>



<5-2>

그림 5. 측정 대상지의 조명평면

체로부터 입수한 실제 배광 데이터를 시뮬레이션에 적용하였으며, 이를 통해 조명기구의 효율을 산정하였다. 표 2(S 주택전시관)와 표 3(방배 S아파트)는 각 측정 대상지에 대한 조도 측정값과 조명시뮬레이션 값을 비교 및 분석한 것이다. 이 때 시뮬레이션의 평균조도를 기준으로 그 차이를 나타낸 것은, 시뮬레이션에 의한 평균조도가 공간전체의 여러 포인트를 고려한 것이기 때문에 평균 개념에 가장 근접하다고 판단하였다. 각 측정 높이는 거실의 경우에는 바닥으로부터 45cm, 침실의 경우에는 바닥으로부터 85cm를 선정하였다.

표 1. 측정공간의 조명기구 사양




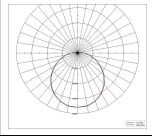
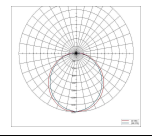
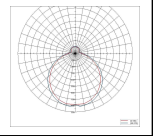
구 분	거실	침실1	침실2-4
조 명 기 구			
배 광 분 포			
광 원	FPL55W×5	FPL36W×3	FPL55W×2
광 속	22750lm	5031lm	3244lm
효 율	55%	57%	55%

표 2. 측정값과 시뮬레이션의 비교(S주택전시관)

구 분	측정법	평균 조도(lx)	시뮬레이션 평균조도(lx)	시뮬레이션과 차이(lx)
거실	5점법	866	671	195
	다점법	561		-110
	4점법	511		-160
침실1	5점법	500	309	191
	다점법	358		49
	4점법	344		35
침실2	5점법	447	379	68
	다점법	366		-13
	4점법	349		-30

표 3. 측정값과 시뮬레이션의 비교(방배 S아파트)

구 분	측정법	평균 조도(lx)	시뮬레이션 평균조도(lx)	시뮬레이션과 차이(lx)
거실	5점법	735	467	268
	다점법	552		85
	4점법	454		-13
침실1	5점법	537	305	232
	다점법	315		10
	4점법	280		-25
침실2	5점법	343	250	206
	다점법	278		28
	4점법	182		-68
침실3	5점법	312	173	139
	다점법	212		39
	4점법	150		-23
침실4	5점법	352	287	65
	다점법	329		42
	4점법	284		-3

중앙 집중방식의 조명배치를 갖는 공간의 조도측정은 조명기구의 직하부 조도에 대하여 공간의 특성을 고려하여 어떻게 접근하는 지에 따라 평균조도를 측정하는 방법이 달라진다. 즉, KS 5점법은 그 산출법(수식 1)에서 보듯이 기구 직하부의 조도를 직접적으로 두 번이나 반영함으로써 다른 측정법들과 달리 높은 조도수치를 나타내었다. 이것은 조명시뮬레이션이 측정면에 대해 여러 개의 포인트를 측정하여 공간 전체의 평균적인 조도를 산출하는 것과는 다른 의미를 가진다. 그림 6과 7은 각 조도측정 방법에 따라 측정된 결과값들과 조명시뮬레이션과의 차이를 각 공간의 평균값으로 나타내고 있다. 다점법이 5점법이나 4점법에 비해 평균조도의 개념에 더욱 근접한 방법임을 알 수 있다. 그러나 측정공간과 완전히 동일하지 않은 시뮬레이션 입력데이터, 측정지점의 위치 등의 오류와 측정 오차로 인해 다점법의 값이 시뮬레이션값과 완전히 일치하지 않는 값을 보여주고 있다. 특히, 주택전시관의 경우에는 일부 가구와 인테리어 소품들로

인해 측정값과 시뮬레이션값이 약간 상이할 수 있다.

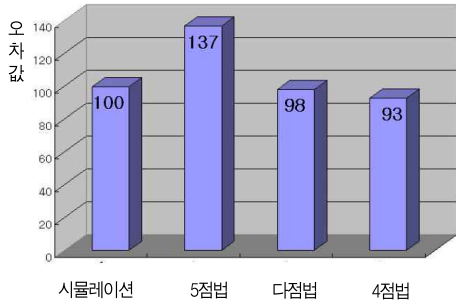


그림 6. 측정방법과 시뮬레이션의 비교(S주택전시관)

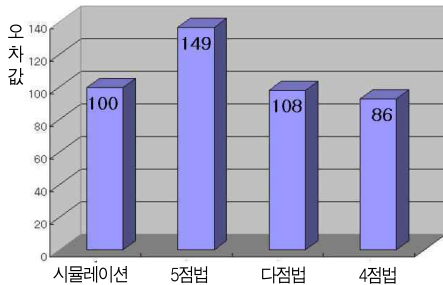


그림 7. 측정방법과 시뮬레이션의 비교(방배 SO아파트)

각 측정방법에 의해 측정된 조도를 통해 균제도(최소조도/평균조도)를 산출하였다. 균제도는 측정된 조도에 따라 크기가 달라지므로 공간의 빛환경을 평가할 때 측정방법의 선정이 중요하다. 표 4은 각 대상지의 평균조도 측정방법에 따른 균제도를 나타내며, 그림 8은 이에 대한 그래프를 나타낸다. 표 6에 의하면 균제도의 개념에서는 북미조명공학회 4점법이 조명기구가 중앙배치된 공간의 특성을 가장 잘 반영하고 있다고 판단된다. 균제도도 평균조도의 산출 방법과 마찬가지로 공간의 어느 포인트를 측정했느냐에 따라 다양한 결과를 보여주고 있는 것이다. 북미조명공학회 4점법의 측정위치 특성상 최대 및 최소 조도값의 배제를 통해 높은 균제도를 보여주고 있다. 반면에, 최대 및 최소 조도값의 큰 차이가 예견되는 KS 5점법

은 낮은 균제도값을 나타내고 있다. 그래서 진정한 의미의 균제도 평가를 위해서는 북미조명공학회 4점법이나 KS 5점법에 의한 방법보다는 다점법에 의한 평가를 수행하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

표 4. 각 방법별 균제도

비교	측정방법	S 주택전시관		방배 SO아파트	
		평균조도	균제도	평균조도	균제도
거실	5점법	866	0.37	735	0.38
	다점법	565	0.56	552	0.51
	4점법	511	0.62	454	0.62
침실1	5점법	500	0.50	537	0.28
	다점법	358	0.70	315	0.48
	4점법	311	0.73	280	0.54
침실2	5점법	447	0.61	343	0.31
	다점법	366	0.74	278	0.38
	4점법	349	0.78	182	0.59
침실3	5점법			312	0.30
	다점법			212	0.44
	4점법			150	0.62
침실4	5점법			352	0.48
	다점법			329	0.52
	4점법			204	0.60

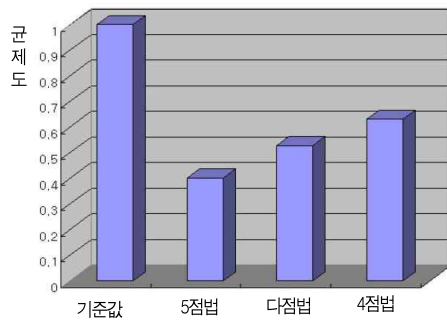


그림 8. 조도측정 방법에 따른 균제도 비교

3. 결 론

최근 주택 조명의 경우 조명의 밝기를 높이는 경향

을 보여주고 있다. 거실의 경우에는 목표 조도를 500lx 이상으로 하고 있는데, 여기서 500lx의 개념은 거실의 평균조도값으로 이해되고 있다. 그러나 어느 포인트를 측정해서 거실의 조도값으로 나타내야 하는지에 대한 혼란이 발생되고 있는 상황이다.

KS 5점법은 하나의 조명기구가 공간의 중앙에 배치되는 상황의 평균조도를 잘 나타내지 못하고 있는 것으로 나타났다. 만약, 공간의 중앙에서 활동이 일어나는 경우라면, 그 평균값이 의미를 가질 수 있을 것이고, 공간 전체의 평균값보다는 국부적인 조도값으로 표현되는 것이 더 합리적일 때 KS 5점법은 사용될 수 있을 것이다. 그러나 거실이나 방의 경우에는 공간의 중앙에서 채실자의 행위들이 일어나는 경우가 많지 않기 때문에 북미조명공학회 4점법이 더 적절하다고 판단된다.

조명시뮬레이션의 경우에도 어느 포인트의 조도계산을 포함하느냐에 따라 평균조도값이 달라질 수 있다. 그렇게 때문에 단순히 공간의 평균조도만을 기준으로 하기에는 한계가 있으며, 채실자의 행위가 이루어지는 공간 부분의 국부조도를 병기해야만 진정한 의미의 기준 조도 역할을 할 수 있을 것이다.

이상에서 살펴본 결과들을 바탕으로 평균조도 산출의 표준이 제 정비되어야 할 것으로 판단된다. 더욱이 기존 조명과 다른 형태의 배광을 가지고 있는 LED조명기구의 적용이 확대되고 있는 시점에서 더욱 그러하다고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] 이정은 외 1명, 주거공간의 실내공간별 조도기준을 위한 빛 환경 연구, 한국조명·전기설비논문지, 제 19권 3호, 2005. 5.
- [2] 한국공업표준협회, 한국공업규격집 KS A3011, KS 조도기준, 1991.
- [3] IES Lighting Handbook, Ninth Edition, Illuminating Engineering Society of North America, 1987.
- [4] 안옥희, 거실조명환경에 대한 시계열적 분석, 한국조명·전기설비학회 논문집, 1995.
- [5] 주근탁 외 1명, 공동주택의 조도측명 및 평균조도 산출방법, 한국조명·전기설비논문지, 제 19권 3호, 2005. 5.

◇ 저 자 소 개 ◇



최안섭(崔安燮)

1967년 10월 4일생. 1991년 한양대 건축공학과 졸업. 1993년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템 전공 졸업(석사). 1997년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템 전공 졸업(박사). 현재 세종대 건축공학과 교수.