

건물 개보수의 의사결정과정에서 필요한 실내의 빛환경 측정 및 시뮬레이션 - 사례 중심으로 -

(Measurement and Simulation of Interior Luminous Environment
for the Decision Process of Building Remodeling)

최안섭* · 성민기**

(An-Seop Choi · Min-Ki Sung)

요 약

건물 개보수의 의사결정과정에는 개보수후의 건물의 경제적 가치 및 건물의 현재 상태에 대한 철저한 조사가 필요하고, 에너지 절약적 개보수의 방향 설정을 위해서는 정확한 진단과 신뢰성 있는 개보수 대안이 제시되어야 한다. 본 논문에서는 건물의 개보수를 계획하고 있던 서울 K사의 본관 및 별관의 사무 공간과 서울 S호텔 객실 공간의 빛환경 측정사례를 통해 건물 조명시스템의 개보수 과정을 고찰해보고자 한다. 이 사례들에서 측정된 빛 환경요소를 통해 현재 상태에 대한 진단과 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 개보수의 대안을 제시하였다.

Abstract

To make a decision for building remodeling, the economical value of the remodeled building should be analyzed and existing situation of the building system should be checked. For the energy issues related to the building remodeling process, careful diagnosis and re-designs of existing system should be proposed. In this research, the luminous environment for Seoul K Co. headquarters and Seoul S hotel were measured and then the re-design processes of building illumination systems were researched. With measured illuminance quantities of these cases, computer simulations for the existing situation and re-design were conducted.

1. 서 론

1970년대부터 성장을 거듭하던 우리나라 신축건물 건설시장의 규모가 1990년대 들어서면서부터 시장성

장이 둔화되기 시작하였으며, 1997년 IMF 위기를 겪으면서 그 규모가 더욱 줄어들고 있다. 개발도상국에서 선진국으로 발돋움하는 과정에서 발생하는 건설산업의 구조 변화가 나타난 것이라 할 수 있다. 선진국형 건설산업의 구조를 살펴보면 건물 개보수 분야의 비중이 상대적으로 높다. 이와 같은 정황으로 볼 때 앞으로 우리나라의 신축건물 건설시장은 어느 정도 포화상태에 이를 것이며, 반면 과거 성장기에 지어졌

* 정희원 : 세종대학교 건축공학과 조교수

E-mail : aschoi@sejong.ac.kr

** 정희원 : 삼성 건설기술연구소 전임연구원

접수일자 : 2001년 8월 17일

최종완료 : 2001년 9월 14일

던 건물에 대한 개보수의 수요는 점차 증가할 것이다.

건물 개보수의 의사결정과정에는 여러 조건들이 검토되어야 한다. 개보수 후의 건물의 경제적 가치는 물론이고, 건물의 현재 상태에 대한 여러 조사가 필요하다. 건물을 구성하는 각 부분에는 각각의 열화성능에 맞는 내구수명이 있으며, 일반적으로 주 구조부재가 가장 길고, 보조 구조부재, 마감재의 순으로 짧아진다. 건축설비는 마감재와 같이 짧은 내구수명 그룹에 속하여, 주 구조부재에 비해 수 차례의 개보수를 반복하게 된다. 이러한 행위는 건물의 단순한 수명연장이 아닌, 시대가 요구하는 새로운 기능을 부여하여 새로운 가치를 창조하는 것이다. 특히 구조물에 이상이 없는 경우에는 건축설비의 노후여부가 건물 개보수의 주된 판단 기준이 된다. 그래서 건물 설비 시설의 진단을 통해 종합적인 판단을 내리는데, 진단 요소는 크게 3 부분으로 구분된다. 기계설비시설, 전기설비시설, 실내환경에 대한 종합적인 진단이 수행된다. 기계설비시설에 대해서는 각종 열원 및 배관 등의 노후화 정도에 대한 각종 측정이 실시되며, 전기설비시설에 대해서는 전기설비의 노후화 및 열화의 정도, 고조파 함유의 유무를 측정하고 있다. 또한 실내 재실자들에게 가장 큰 영향을 미치는 것이 실내환경인데, 이것을 위해서는 실내의 온·습도 조건, 공기질, 기류속도 등의 열·공기환경에 관련된 요소들, 소음 및 진동 등의 음환경 관련요소들, 실내의 조도 및 휘도 분포 등의 빛환경 관련요소들 등이 주요 측정·평가 항목들이다.

건물의 개보수에서 특히 에너지 절약적 측면을 고려해서 태동했던 것이 에너지절약 전문기업제도(ESCO)이다. 이 제도는 지난 1992년부터 시작되어 건축설비시설의 개보수를 통한 건물 에너지 절감에 크게 기여하고 있다. 2001년 7월 현재 모두 180여개의 업체가 등록되어 활동하고 있다[1]. 이러한 ESCO 산업에 대해 국가에서는 많은 금액을 투자하고 있으며, 투자규모는 앞으로도 매년 증가할 것이라고 전망된다. 투자사례를 살펴보면, 1992년부터 1997년 말까지 총 56건의 투자가 시행되었는데, 그 중 48건이 조명에 해당되어 전체 건물 에너지절약이 조명에 집중되었다[2]. 조명에 집중되는 것은 조명교체 사업이 타 분야에 비해 가시적인 효과가 있으며, 상대적으로 에너지 절감량의 예측이 쉬웠기 때문이다. 그러나 단순히 고효율 램프와 안정기 등의 교체작업에 한정되

어 있어 더 많은 양의 에너지 절감이 간과되고 있다. 좀더 구체적이고 종합적인 조명시스템의 개보수를 통해 조명시스템의 고효율화 및 그에 따른 조명에너지의 절감을 추구해야 할 것이다[3]. 최근에는, ESCO 산업에 있어 조명분야의 상대적 비중은 점차로 축소되는 경향을 보여주고 있는데, 이것은 기계설비 등의 다른 분야 개보수의 기술발전에도 영향을 받은 것이지만, 고효율 조명기기로 교체하는 단순사업으로서의 한계성을 표출한 것이라 할 수 있다. 물론, 아직도 고효율 조명기기로 교체되어야 하는 건물들이 많지만, 좀더 다양하고 정확한 조명시스템의 솔루션을 제공함으로써 조명시스템의 개보수의 적용 폭을 확대해야 하겠다. 이러한 과정은 건물 개보수의 의사결정 과정에서 건물주에게 좀 더 확신을 줄 수 있는 중요한 요소라 할 수 있다.

본 논문에서는 건물 조명설비 개보수에 대한 의사결정시 고려해야 할 점을 건물의 개보수를 계획하고 있던 서울 K사의 본관 및 별관의 사무 공간[4]과 서울 S호텔 객실[5] 공간의 빛환경 측정사례를 통해 고찰해보고자 한다. 이 사례들에서 측정된 빛환경요소를 통해 현재 조명설비 상태에 대한 진단을 내려 보고, 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 대안을 제시하였다.

2. 측정건물 및 공간

2.1 일반사무실

사무공간에서의 조명목적은 작업능률, 안전, 건강도모를 고려한 명시성과 심리, 생리적인 측면을 고려한 쾌적성으로 나눌 수 있다. 이러한 명시성과 쾌적성을 만족하는 가운데, 에너지 절약형 조명시스템이 바로 사무공간에 적합한 빛환경을 창출할 수 있다. 사무실에서의 KS A 3011 조도기준[6]은 작업목적에 따라 다음의 표 1과 같이 세분화되어 있다.

표 1. 사무실의 조도기준 (단위: lx)
Table 1. Recommended Illuminance levels for office environment (lx)

구분	최저	권장	최고
일반사무실	300	400	600
제도실	300	400	600
회의실	150	200	300
세밀한작업	600	1000	1500

빛환경은 건물에너지 소비량과 작업자의 생산성에 있어 매우 중요한 건축환경요소이다. 서울시 K사의 건물 설비시스템 진단에서도 이러한 빛환경의 평가를 위해 본관과 별관의 사무실 공간에 대한 조명시스템 현황조사 및 조도 측정을 실시하였다. 그리고 측정·조사된 자료를 바탕으로 조명시스템의 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여, 현재의 상태와 예상되는 개보수 후의 상태를 비교 평가하였다. 조도 측정은 과거 공간의 대표점에서 시행되던 조도측정방법에서 벗어나, 국제기준에 맞는 적절한 평균조도 측정방법을 사용하였다. 분광측색계에 의한 정확한 실내(천장, 바닥, 벽)의 반사율도 측정하여 컴퓨터 시뮬레이션에 필요한 입력값으로 사용하였다.

실내공간의 평균조도값을 계산하기 위한 방법에는 실내의 조명기구 배치에 따라 측정위치와 횟수가 규정되어 있다. 그림 1은 북미조명공학회(IESNA)의 기준을 보여주고 있는 것으로 조명기구 배치 상태에 따른 평균조도값을 얻기 위한 조도측정 위치가 정해져 있다[7]. 이에 따라 측정위치에서의 조도값을 측정하고 평균조도를 다음의 식(1)과 같이 계산하였다.

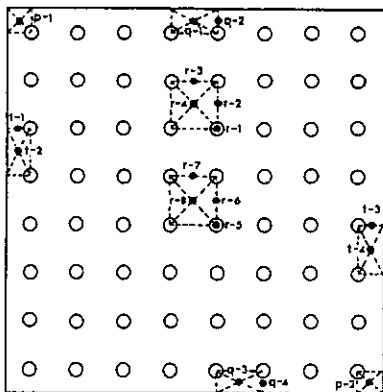


그림 1. 평균조도의 계산
Fig. 1. Calculation of average illuminance

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

$$R = \frac{r1+r2+r3+r4}{4}, \quad Q = \frac{q1+q2+q3+q4}{4}$$

$$T = \frac{t1+t2+t3+t4}{4}, \quad P = \frac{p1+p2}{2}$$

N = 1줄당 조명기구 개수

M = 조명기구 줄수

조도측정은 인공(전기)조명에 의한 광속만을 측정하기 위해 인공조명을 소등한 상태에서 주광만에 의한 조도를 추가로 측정하였다. 그래서 인공조명+주광에 의한 조도값에서 주광만에 의한 조도값을 제외하여 인공조명만의 조도값을 구하였다.

2.2 호텔 객실

호텔의 객실은 투숙객이 업무 또는 관광 등의 목적으로 타지에서 안전하고 편안하게 머물 수 있도록 하는 시설이다. 호텔에서의 조명은 고객에게 시각적인 안정과 편안함을 줄 수 있도록 계획되어야 하며, 이는 단순한 기능적인 만족뿐만 아니라 심미적인 만족도 줄 수 있어야 한다는 것을 의미한다. 아래의 표 2는 KS A 3011에서 권장하고 있는 호텔의 조도기준이다[6]. 객실의 전반적인 조도기준은 100[lx]로 이동과 사물인지에 필요한 최소의 밝기이다. 테이블의 조도기준은 400[lx]인데 탁자에서 행해지는 작업의 종류에 따라 요구되는 밝기가 달라질 수 있다. 욕실에서는 주로 사람을 대상으로 하는 작업이 이루어지기 때문에 벽면의 조도보다는 사람의 조도가 더욱 중요하다고 할 수 있다. 현관은 외부인을 인지하거나 보행을 위한 조도가 필요하다. 이와 같이 각 공간마다 기준이 되는 조도가 있지만 무엇보다도 재실자에게 시각적인 안정감을 줄 수 있는 조명을 연출하는 것이 더욱 중요하다고 할 수 있다.

표 2. 호텔의 조도기준 (단위: lx)
Table 2. Recommended illuminance level for hotel (lx)

		권 장 조 도
객 실 전 반		100
객 실 탁 자		400
욕 실		200
세 면 거 울		400
현 관		400

호텔 시설의 개보수와 자매호텔의 확충을 계획 중이던 S호텔에서는 실내환경의 한 요소로써 객실의 조명환경을 측정하여 그 기준을 마련하고자 하였다.

3. 측정 및 시뮬레이션 결과

3.1 일반사무실

K사 별관 건물 조명시스템의 현재상황은 다음의 그림 2와 같다(검정색 사각형으로 표시된 램프만 제대로 작동중).

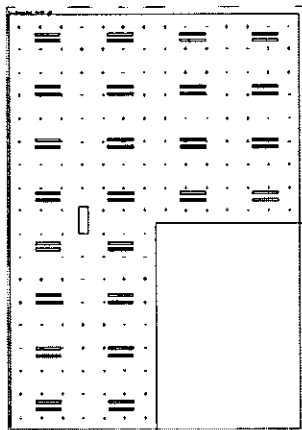


그림 2. 별관의 조명시스템 상황
Fig. 2. Lighting system (A)

조명기구는 천장매입 노출형이고, 램프는 40[watt] 형광램프 2개를 사용하고 있다. 건물 개보수를 계획하고 있는 상태이기 때문에 전반적인 조명시스템의 유지관리가 이루어지지 못하고 있었다. 수명이 다한 많은 램프들이 교체되지 않은 상태로 있었다. 전체 램프 48개 중 66%에 해당되는 31개의 램프만이 제대로 작동하고 있어 매우 낮은 약 191[lx]의 평균조도값이 식(1)을 통해 계산되었다. 이러한 평균조도값을 계산하기 위해 앞에서 언급된 여러 측정점에서의 조도값이 측정되었다.

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

$$= \frac{248 \times 14 + 65 \times 2 + 134 \times 7 + 50}{16} \cong 191 \quad (2)$$

본관 건물의 조명기구는 천장매입 노출형이고, 램프는 32[watt] 형광램프 2개를 사용하고 있다. 본관 건물은 이미 고효율 조명기기로 교체된 상태였기 때문에 식(1)을 통해 계산된 평균조도값이 약 404[lx]로 사무실 공간에 적합한 밝기를 유지하고 있었다.

위의 측정결과를 바탕으로 조명시스템에 대한 개보수 계획을 마련하였다. 먼저, 광원과 조명기구 종류 및 배열 등을 결정한 후, Lumen-Micro 7.0[8]을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 현재 상태의 조명시스템과 개보수 후의 조명시스템에 의한 예상 조도분포를 계산하였다. 먼저, 별관의 현재 상태에 대한 시뮬레이션 결과는 다음의 그림 3과 같다.

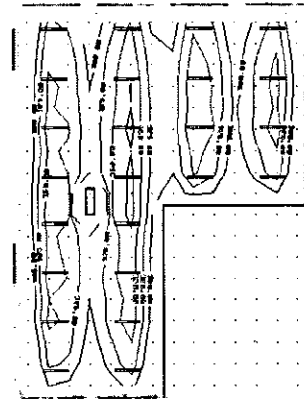


그림 3. 별관의 조명시스템 시뮬레이션
Fig. 3. Lighting system simulation (A)

천장매입 노출형 조명기구와 40[watt] 형광램프를 사용하고, 모든 램프가 작동한다고 가정하였다. 기존의 설치되어 있는 노출형 조명기구와 가장 유사한 기구형태와 배광을 가진 조명기구를 선택하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이 경우, 전체 1920[watt]의 조명부하와 319[lx]의 평균조도를 나타냈다.

별관 건물의 제안된 개보수 상황에 대한 시뮬레이션 결과는 다음의 그림4와 같다.

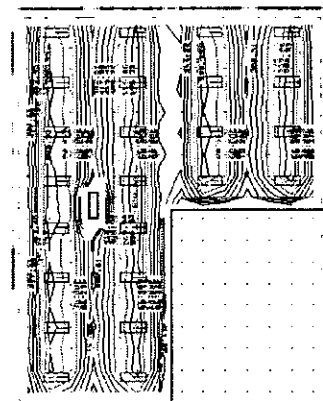


그림 4. 제안된 별관의 조명시스템 시뮬레이션
Fig. 4. Proposed lighting system simulation (A)

건물 개보수의 의사결정과정에서 필요한 실내의 빛환경 측정 및 시뮬레이션

제안된 조명기구는 천장매입 루버형으로 32[watt] 형광램프를 사용하며, 특히 고조도 반사갓을 사용하여 효율을 높이고 루버를 통해 과도한 휘도를 방지하고자 하였다. 이 경우 조명부하는 전체 1536[watt]로 기존 시스템의 67[%]에 불과하지만 평균조도는 477[lx]로 약 50[%]가량 향상됨을 알 수 있었다.

다음, 본관 건물의 현재 상태에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 5와 같다.

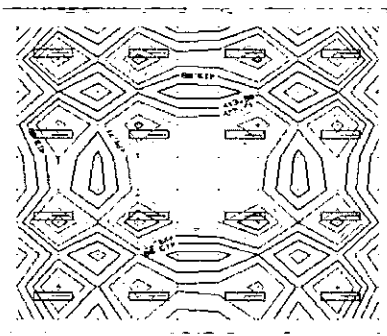


그림 5. 본관의 조명시스템 시뮬레이션
Fig. 5. Lighting system simulation (B)

천장매입 노출형 조명기구와 32[watt] 형광램프를 사용하고 있다. 현재 상태의 경우 시뮬레이션에 의한 평균조도는 실측값과 유사한 413[lx]로 문제가 없으나 노출형으로 인해 과도한 휘도가 발생되어 재실자에게 눈부심을 야기할 가능성이 있기 때문에, 이미 개보수된 상태의 조명시스템에 고조도 반사갓을 사용하고 루버를 채용한 천장매입 루버형을 새롭게 제안하였다. 제안된 개보수의 상황에 대한 시뮬레이션 결과는 다음의 그림 6과 같다.

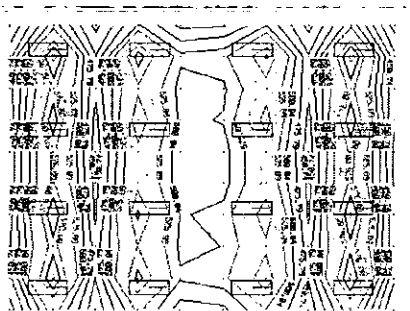
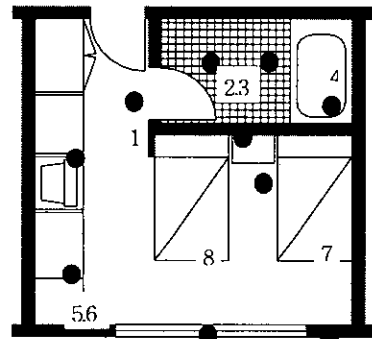


그림 6. 제안된 본관의 조명시스템 시뮬레이션
Fig. 6. Proposed lighting system simulation (B)

제안된 조명시스템에의 평균조도는 505[lx]로 다소 향상되었고 과도한 휘도 방지가 가능하여 재실자들에게 시각적 편안함을 제공하고 생산성 향상을 기대할 수 있다. 현재 상태와 같은 32[watt] 형광램프를 사용함으로 에너지의 소비량에는 변함이 없다.

3.2 호텔 객실

객실에서의 조도는 공간전체의 평균조도 개념보다 각 대표점에서의 조도가 더 중요한 의미를 가지므로 객실의 중요 포인트에서 조도를 측정하였다. 주광의 영향을 최대한으로 배제하기 위해 창 커튼을 모두 치고 모든 조명을 점등한 후 실시하였다. 호텔의 KS 조도기준이 규정된 공간인 현관바다, 욕실바닥, 세면대와 거울, 테이블면과 테이블 거울, 침대 등에서 조도를 측정하였다(그림 7).



● 조명기구 위치 / 번호: 조도측정 위치

그림 7. 호텔 객실의 조명시스템 평면
Fig. 7. Lighting system plan for a hotel room

호텔객실의 조명현황을 조사한 결과, 60watt 백열램프와 크립톤램프가 주로 사용되고 있었고, 전구식 형광램프와 할로젠램프도 하나씩 사용되고 있었다. 이러한 광원들의 비교적 낮은 색온도로 인해 실내 전체가 따뜻하고 아늑한 분위기가 조성될 수 있도록 하였다. 또한 이 광원들이 재실자에게 시각적 불편감을 주지 않게 하기 위해서 천장매입형 기구나 스탠드 기구가 사용되고 있었다. 조명부하 밀도는 약 22[watt/m²]으로 미국의 ASHRAE/IESNA 90.1-1999의 권장 기준인 25[watt/m²]을 만족하고 있었다[9].

각 측정점에서의 조도측정 결과는 다음의 표 3과 같다.

표 3. 객실의 조도 측정값(단위: lx)
Table 3. Illuminance level in hotel room (lx)

NO.	측 정 장 소	측정조도
1	현관바닥	24
2	세면대거울(수직)	210
3	세면대	248
4	욕조바닥	104
5	테이블거울(수직)	23
6	테이블	128
7	침대1	58
8	침대2	73

현관의 조도는 24[lx]로 매우 낮게 나타났다. 현관에 부착된 조명기구에 2개의 램프가 있었으나, 1개만 작동하여 전반적으로 어둡게 조명되고 있었다. 세면대 거울은 수직면은 비록 기준조도보다 낮았으나, 2개의 펜던트등에 의해 거울에 비치는 사람의 모습은 대체적으로 잘 보이도록 조명되고 있었다. 테이블과 거울의 조도는 작업종류에 따라 테이블에 놓여있는 스탠드의 위치를 조정함으로써 밝기를 조절할 수 있었다. 전체적으로, 측정된 조도값이 다소 낮게 나타났으나 편안하고 안정된 분위기를 주고 있었다. 현관조명의 추가를 제외하고는 개보수의 필요성이 없어 보였으며, 측정 데이터는 자매호텔의 선정과 자매호텔의 개보수를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

4. 결론

조명시스템을 단순히 고효율 기기로 교체하는 작업은 건물의 다른 요소들보다 쉽게 시행될 수 있다. 그러나 이러한 단순 교체 작업에서는 더 많은 양의 에너지 절감이 간과되기도 한다. 정확한 측정을 통해 규정된 기준과 비교함으로써 개보수를 보다 효과적인 방향으로 설정해야 하며, 단순한 정량적 분석에만 그치지 않고, 작업자의 생산성에 영향을 미칠 수 있는 정성적 분석도 아울러 수행해야 할 것이다. 정확한 조도의 측정과 입력값에 의한 조명 시뮬레이션의 수행은 현재 상황에 대한 신뢰할만한 판단기준이 될 수 있고, 계획된 개보수안에 대한 검증작업이 될 수 있다. 결국, 이러한 작업은 건물주의 개보수 의사결정 과정에서 중요한 근거 자료로 사용될 수 있으며 개보수의 방향을 올바르게 설정하는 기준이 된다.

본 논문에서는 건물 개보수의 타당성을 알아보기

위해 건물진단을 시행한 두 사례들을 통해 기존에 설치되어 있는 조명시스템에 대한 측정 및 분석을 수행하는 과정을 살펴보았다. 사무실 공간에 대해서는 각 측정점에서의 조도를 측정하여 평균조도를 계산하였고, 객실에서는 주요 포인트에 대한 조도를 측정하였다. 특히, 사무실 공간에 대해서는 시뮬레이션을 통한 분석도 수행하였다. 이러한 과정을 통해 현재 상황을 정확히 판단할 수 있었으며, 적절한 개보수안을 계획하여 건물주에게 제공할 수 있었다.

건물 개보수의 의사결정과정에서 이러한 조명시스템의 측정 및 평가과정이 비록 일부에서이지만 실질적으로 행해지고 있으나, 대부분의 조명시스템의 개보수시에는 이러한 과정들이 생략되고 있는 실정이다. 이러한 과정들이 건물의 개보수시 반드시 포함되어 수행될 수 있게 하기 위해서는 정형화된 진단·제안 양식의 개발이 선행되어야 하겠다. 또한, 조명시스템의 생애주기비용평가에 의한 경제성 분석은 건물주가 최종 의사결정을 하는데 있어 중요한 정보를 제공하는 것이므로 수행되는 것이 바람직하겠다.

참 고 문 헌

- [1] www.kemco.or.kr, 에너지관리공단 홈페이지.
- [2] 월간 전기, 1998, 8월호.
- [3] 최안섭, 성민기 "사무소 건물의 그린조명시스템" 공가조 화병동공학회 학술발표대회 논문집, 1999.
- [4] "K사 진단보고서-실내환경/외벽단열/공조설비 관련 성능평가", 삼성 건설기술연구소 보고서, 1999.
- [5] "서울 S호텔 본점 예비진단 보고서-설비배관, 전기설비, 실내 환경, 외벽단열분야", 삼성 건설기술연구소 보고서, 1999.
- [6] KS 조도 기준 KS A 3011.
- [7] IESNA Handbook 9th edition, IESNA, 1993.
- [8] Lumen-Micro 7.0, Lighting Technology.
- [9] www.iesna.org, 북미조명공학회 홈페이지.

◇ 저자소개 ◇

최 안 섭 (崔安燮)

1967년 10월 4일생. 1991년 한양대학교 건축공학과 졸(학사). 1993년 미국 펜실베이니아 주립대학교 건축공학과 대학원 졸(석사). 1997년 미국 펜실베이니아 주립대학교 건축공학과 대학원 졸(박사). 1997년~2000년 삼성 건설기술연구소 선임연구원. 2000년~현재 세종대학교 건축공학과 조교수, 당학회 편수위원.

성 민 기 (成旻起)

1973년 9월 1일생. 1996년 서울대 건축학과 졸(학사). 1998년 서울대 건축학과 대학원 졸(석사). 1998년~현재 삼성 건설기술연구소 선임연구원.