

조명시뮬레이션의 적절한 사용을 위한 Mock-up 실험 측정값과 주광 시뮬레이션 결과값 비교에 관한 연구

(A Study on the Comparison of the Illuminance Values from Lighting Simulation
and Mock-up Experiment for Suitable Application of Lighting Simulation)

임지선* · 전병국* · 김유신** · 최안섭***

(*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 박사과정 · ***세종대학교 건축공학과 교수)

(Ji-Sun Lim · Byung-Kuk Jun · Yu-Sin Kim · An-Seop Choi)

Abstract

Available daylight in inside offers comfortable view environment, and psychological and physical advantages to people in a room. Architecture design has need of daylight prediction for reflection efficiently daylight. But it is difficult to predict the illuminance values in daylight system. Using various lighting simulation software is easy and simple, but we can find different results under the same conditions. This study compares with illuminance values from simulation (Lightscape 3.2, RELUX 2007, RADIANCE 3.9) and Mock-up experiment with the same space and parameter of daylight (location of space and window, date, time and sky condition).

1. 서론

1.1 연구의 배경

주광은 건축공간의 기능, 재실자의 시각적·열적 쾌적함, 에너지 소비, 인공조명의 디자인과 조명제어시스템 등 수많은 건축요소에 영향을 준다[1]. 그리고 건축가들은 주광을 공간의 느낌을 변화시키고 성스러움과 건강미를 표현하는 디자인의 요소로 활용하여 왔다.

이러한 주광은 인간의 시각 반응에 가장 근접하게 일치하는 광원으로 인공광원보다 심리적 안정과 작업 환경, 유쾌함, 심리적·신체적 건강, 연색성 측면 등에서 질적으로 우수하다고 알려져 있다[2]. 또한 현대인들의 건강 및 환경에 대한 의식수준이 높아지면서, 작업능률의 향상과 더불어 쾌적한 빛 환경에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 이유로 건축환경 조절기술이 발전하고 있고, 대부분의 사무실 근로자들이 사무실에 창문이 있어야 한다고 생각하며, 또한 창문으로의 주광유입을 선호한다[3].

최근 초고층 사무소 건축물이 증가하고 있으며, 초고층 건축물의 구조적 문제점의 해결과 더불어 조망 확보가 뛰어나며, 주광의 유입이 많은 경량의 유리 마감 커튼월 구조의 사용이 증가하고 있다. 이러한 커튼월을 통한 주광의 유입은 심리적·생리적·신체적 안정감을 준다[2]. 그러나 주광의 양과 질이 항상 일정하지 않아 예측하기가 어렵기 때문에 이러한 주광의 유용성에도

불구하고 건축설계에 주광을 적극적으로 반영하는 경우가 극히 드문 것이 현실이다. 이러한 주광의 성능을 예측평가할 수 있는 방법으로는 일반적으로 조명시뮬레이션 소프트웨어와 Mock-up 실험이 있다.

최근 주광의 성능을 계량화하고 가시화 할 수 있는 다양한 조명시뮬레이션 소프트웨어들이 개발되고 있다. 조명시뮬레이션 소프트웨어 중에서 주광계산이 가능한 프로그램은 Lightscape 3.2, RELUX 2007, RADIANCE 3.9 등으로 매우 다양하며, 조명시뮬레이션 소프트웨어의 사용은 주광을 쉽고 간단하게 예측할 수 있는 장점이 있다.

1.2 연구의 목적

동일한 조건으로 주광 시뮬레이션을 하더라도 사용한 조명시뮬레이션마다 조금씩 다른 결과값이 도출된다. 이러한 오차는 조명시뮬레이션 소프트웨어에서 사용하는 천공 모델 및 광학 계산 알고리즘의 차이 때문으로, Mock-up 실험 측정값과의 비교분석을 통해 각각의 조명시뮬레이션 소프트웨어 결과값의 보정이 가능할 것이다. 본 연구는 주광 시뮬레이션이 가능한 소프트웨어인 Lightscape 3.2, RELUX 2007, RADIANCE 3.9를 이용하여 동일한 공간의 조건으로 주광 시뮬레이션을 하여 도출된 결과값과 Mock-up 실험의 실측값을 비교분석을 통하여 조명시뮬레이션 소프트웨어 활용성을 극대화하는 것이다.

1.3 연구의 방법

본 연구는 S대학교 Y관 옥상에 1/2 축소 Mock-up 실험실을 설치하여 실험을 실시하였다. 또한 Mock-up 실험 공간을 모델링하여 동일한 조건으로 시뮬레이션 하여 Mock-up 실험과 각각의 소프트웨어에 있어서 어떠한 결과 오차가 발생하는지 비교분석하였다.

2. 조명시뮬레이션 소프트웨어 개요

Lightscape는 실내외 조명시뮬레이션이 가능하며, windows 기반으로 개발된 조명분석 및 3D 이미지를 만들 수 있는 소프트웨어로 현실적인 조명효과를 표현하고 실사와 같은 시뮬레이션을 가능하게 한다. 이때 조도 계산 및 분석에는 광속추적기법과 광속전달법의 알고리즘이 사용되며, 자연채광 계산은 IES-RP-21 "Calculation of daylight availability"를 사용한다[4].

RELUX는 공개된 인터페이스의 소프트웨어로, 실내 공간, 외부공간, 도로설계를 위한 인공조명, 자연광 시스템 등을 모두 집약시킨다. 또한 조도 계산 및 분석에 광속전달법을 기반으로 하는 계산 알고리즘을 사용하며, 자연채광 계산은 CIE의 주광 계산법을 적용한다[5].

RADIANCE는 미국 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)에서 개발한 조명시뮬레이션 소프트웨어로 빛의 거동을 물리적으로 시뮬레이션한 결과로부터 조도 및 휘도 분포를 계산하고 가시화하여 빛 환경의 정량적, 정성적 평가가 모두 가능한 장점을 가지고 있다. 역광선 추적 기법을 기본으로 광선이 자연적으로 진행되는 방향의 반대 방향으로 추적하여 실제 관선에서의 광원 활동을 예측한다[6].

3. 시뮬레이션 및 실험

3.1 시뮬레이션 및 실험실조건 설정

시뮬레이션 및 실험 공간의 위치는 위도 37° 33', 경도 127° 4' (S 대학교 Y 관 옥상), 정남향으로 설정하였으며, 날짜는 동지 기준 실험 날짜(12월 1일~1월 31일), 춘분 기준 실험 날짜(2월 1일~4월 4일) 중 하루 종일 청천공이었던 날짜(동지 기준 : 12월 26일, 춘분 기준 : 2월 8일)와 하루 종일 담천공이었던 날짜(동지 기준 : 12월 29일, 춘분 기준 : 2월 22일)를 선별하였고, 시간은 10시, 12시, 14시, 16시로 설정하였으며, 다음 표 1과 같다. 이 때, 천공상태의 구분은 천공 커버 법칙(청천공 : 0≤구름량≤3, 부분담천공 : 4≤구름량≤7, 담천공 : 8≤구름량≤10)에 의해 설정하였다. 그리

고 공간 벽체의 반사율은 천정 0.84, 벽체 0.84, 바닥 0.26으로 설정하였고, 유리 투과율은 80%였으며, 공간 및 시뮬레이션 변수는 다음 표 2와 같다.

표 1. 구름량
Table 1. Amount of clouds

구분		10시	12시	14시	16시
동지	12월 26일	0	0	0	0
	12월 29일	8	10	10	10
춘분	2월 8일	0	0	0	0
	2월 22일	10	10	10	8

표 2. 시뮬레이션 및 실험실 변수 설정
Table 2. Setting up condition of simulation and test bed

구분	변수 내용		
외부조건	위 치	위도 37° 33', 경도 127° 4' (S 대학교 Y 관 옥상)	
	실험 기간	동지 : 12월 26일(청천공), 12월 29일(담천공) 춘분 : 2월 8일(청천공), 2월 22일(담천공)	
	시 간	10시, 12시, 14시, 16시	
내부조건	실험실 크기(mm)	1510(W) × 2870(D) × 1640(창축)/1570(문축)(H)	
	재질/반사율	천장	흰색 페인트/0.84
		벽체	흰색 페인트/0.84
바닥		카펫/0.26	
참 호	방 향	정남향(North 0°)	
	크 기(mm)	1290(W) × 1215(H)	
	유리 투과율(%)	80	
천공상태		청천공, 담천공	

Mock-up 실험실의 측정은 외부 조도 측정점 1개소와 작업면의 조도 측정점 7개소로 총 8개의 센서를 설치하여 측정하였으며, 측정된 조도값은 Data-Logger를 이용하여 PC로 전송되며, Lab View를 이용하여 저장된다. 측정값은 매초 순간적인 조도값을 측정하여 1분단위로 평균하여 기록하였다. 그림 1은 조도센서의 설치 모습 및 측정기기의 모습이다.

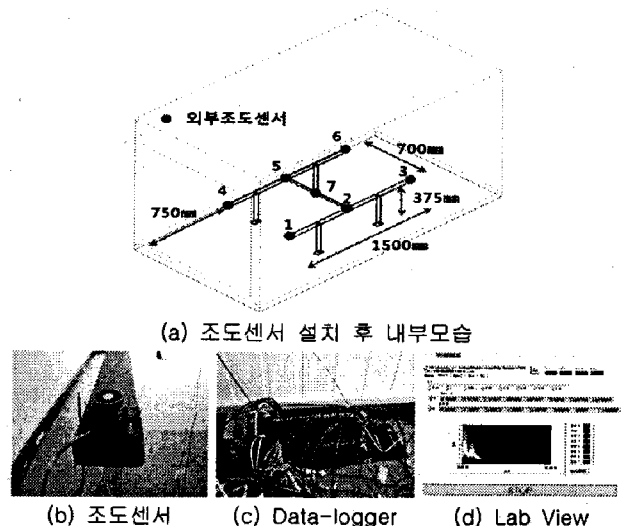


그림 1. 내부모습 및 측정기기 모습
Fig. 1. Indoor View, Sensor, Data-logger and Lab View

3.2 시뮬레이션 및 실험 결과 분석

본 연구는 S대학교 Y관 옥상의 Mock-up 실험실의 실험 측정값과 주광시뮬레이션 결과값을 비교·분석하였다. 다음 표 3은 시뮬레이션 및 실험 결과의 상대값을 백분율로 나타낸 결과이다. 동일한 조건(날짜, 시간, 천공상태)으로 주광시뮬레이션을 수행하였을 때, 절대값이 서로 다르게 도출되었다. 이는 각각의 시뮬레이션의 주광 계산 알고리즘에서 사용되는 천공모델이 다르기 때문이다. 이러한 이유로 본 연구에서는 절대값이 의미가 없다고 판단되어 외부 조도를 기준으로 하여 평균값, 최소값, 최대값을 백분율(%)로 나타내었다. 또한 시뮬레이션의 결과값 중 실험 측정값과 유사하다고 판단되는 값들은 진하게 표시하였다.

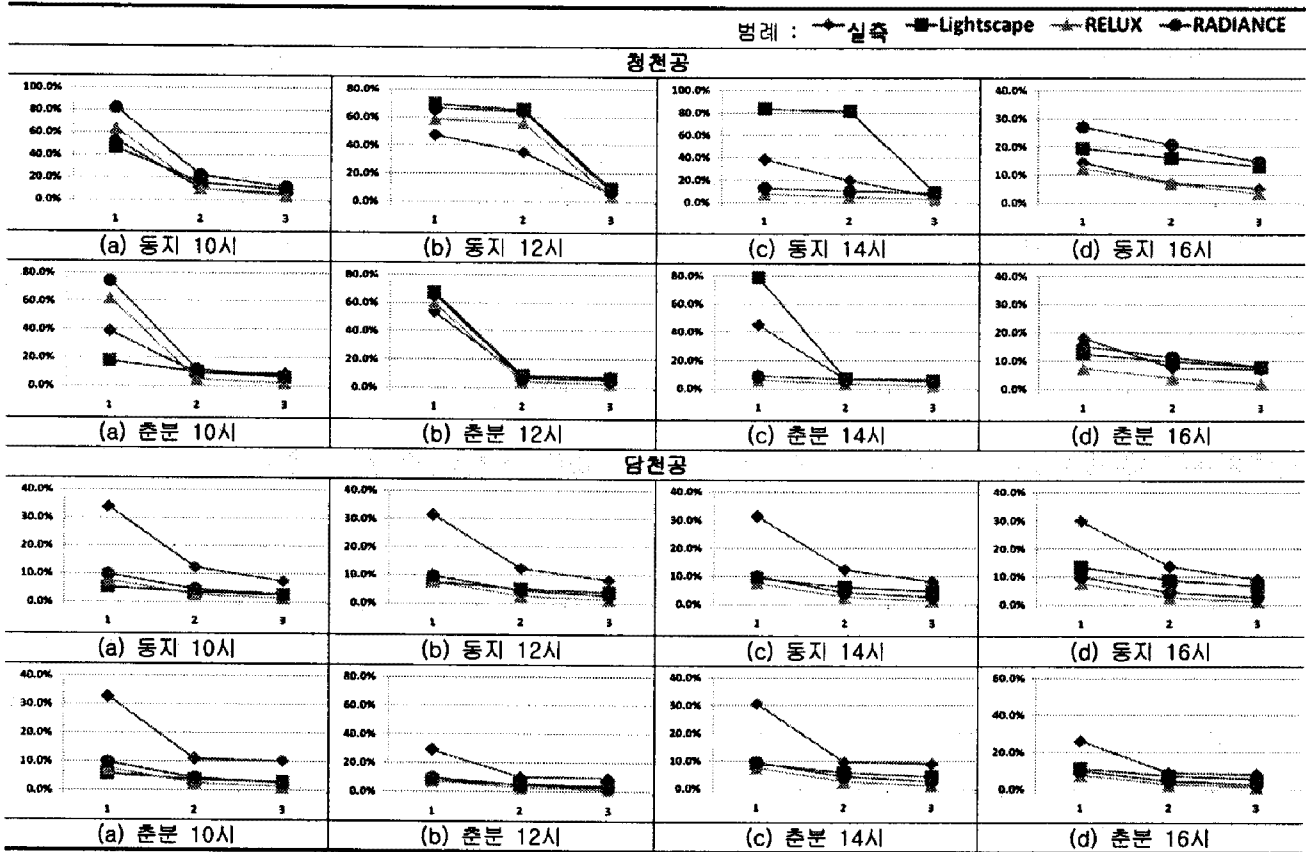
시뮬레이션 결과값과 실험 측정값을 비교했을 때, 청천공의 경우 Lightscape 3.2와 RELUX 2007이, 담천공의 경우 RADIANCE 3.9가 다른 프로그램에 비해 실험 측정값과 유사함을 보였다. 또한 균제도(Min./Avg.)는 최소값을 평균값으로 나눈 값으로, 담천공인 경우에 각 시간별 균제도 값이 날짜가 달라짐에도 불구하고 비슷한 결과 값이 도출되었고, 직사일광이 있는 청천공인 경우에는 시간과 날짜의 변화에 따라 상이한 결과값이 나타났다.

표 4는 외부 조도를 기준으로 실내까지로의 주광유입 분포를 나타낸 결과이다. 1은 창 측의 센서이고, 2는 가운데에 위치한 센서이며, 3은 문 측에 위치한 센서이다. 청천공의 경우 RELUX 2007이 다른 프로그램에 비

표 3. 시뮬레이션 및 실험 결과(%)
Table 3. Results of simulation and experiment(%)

시간	천공 상태	결과값	동지 기준(12월 26일-청천공, 12월 29일-담천공)				춘분 기준(2월 8일-청천공, 2월 22일-담천공)			
			실험	Lightscape	RELUX	RADIANCE	실험	Lightscape	RELUX	RADIANCE
10시	청천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	15%	17%	15%	25%	15%	10%	12%	19%
		Min.	6%	9%	3%	11%	7%	6%	2%	7%
		Max.	72%	46%	64%	82%	39%	18%	62%	75%
		Min./Avg.	0.4	0.5	0.2	0.5	0.5	0.6	0.2	0.4
	담천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	16%	4%	4%	6%	17%	4%	4%	6%
		Min.	7%	3%	1%	3%	9%	3%	1%	3%
		Max.	34%	5%	8%	10%	33%	6%	8%	10%
		Min./Avg.	0.5	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5
12시	청천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	21%	27%	42%	48%	16%	16%	19%	12%
		Min.	5%	9%	3%	7%	6%	6%	2%	5%
		Max.	47%	70%	59%	66%	53%	68%	60%	49%
		Min./Avg.	0.2	0.3	0.1	0.1	0.4	0.4	0.1	0.4
	담천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	17%	5%	4%	5%	15%	5%	4%	6%
		Min.	8%	4%	1%	3%	8%	4%	1%	3%
		Max.	32%	8%	8%	10%	29%	8%	8%	10%
		Min./Avg.	0.5	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5
14시	청천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	24%	62%	20%	35%	18%	27%	12%	16%
		Min.	5%	9%	3%	8%	6%	6%	2%	5%
		Max.	38%	84%	61%	74%	45%	79%	60%	68%
		Min./Avg.	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
	담천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	17%	7%	4%	5%	16%	6%	4%	5%
		Min.	8%	5%	1%	3%	8%	4%	1%	3%
		Max.	31%	9%	8%	10%	31%	9%	8%	10%
		Min./Avg.	0.5	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5
16시	청천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	10%	25%	10%	31%	15%	19%	6%	21%
		Min.	5%	13%	3%	14%	7%	7%	2%	8%
		Max.	19%	79%	24%	89%	38%	76%	15%	77%
		Min./Avg.	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
	담천공	외부	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Avg.	18%	10%	4%	6%	16%	8%	4%	6%
		Min.	9%	7%	1%	3%	8%	6%	1%	3%
		Max.	32%	13%	8%	10%	39%	11%	9%	10%
		Min./Avg.	0.5	0.7	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.5

표 4. 시뮬레이션 및 실험 결과 : 주광유입분포(%)
Table 4. Results of simulation and experiment : Daylight distribution(%)



해 실험 측정값과 유사함을 보였으나, 담천공의 경우 프로그램끼리의 결과값은 비슷했지만 창 축의 조도에서 실험 측정값과는 상이한 결과값이 나타났는데, 이는 아무리 실제로 담천공이라고 해도 약한 직사일광이 존재하기 때문으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 Mock-up 실험과 동일한 조건으로 세 가지의 조명시뮬레이션 소프트웨어 Lightscape 3.2, RELUX 2007, RADIANCE 3.9를 선정하여 실험 측정값과 시뮬레이션 결과값을 비교·분석하였다. 시뮬레이션 결과값과 실험 측정값을 비교한 결과, 청천공에서는 Lightscape 3.2와 RELUX 2007이 다른 프로그램에 비해 상대값이 실험 측정값과 유사하였으나, 담천공에서는 실측과 일정한 관계성을 나타내지는 못하였다. 이는 주광의 다변성으로 인하여 시뮬레이션과 차이가 나타나는 것으로 보다 많은 데이터를 통해 시뮬레이션과 실측과의 관계성을 규명하고, 이를 통해 보정을 수행하여 주광 시뮬레이션의 적용성을 높여야 한다. 또한 균제도는 담천공인 경우, 태양의 영향을 거의 받지 않아 각 시간별 균제도 값이 날짜가 달라짐에도 불구하고 비슷한 결과 값이 도출되었고, 청천공인 경우, 시간과 날짜의 변화에 따라 상이한 결과값이 나타났는데, 이는

태양의 위치가 변화함에 따라 직사일광의 영향이 서로 다르기 때문으로 사료된다.

연구의 결과는 조명 시뮬레이션을 이용할 때, 적합한 시뮬레이션 소프트웨어의 선정에 관한 기초적 자료로 활용될 수 있을 것이며, 향후 연구에서는 소프트웨어별 조도계산 알고리즘을 분석하여 보다 정량적이고 구체적인 분석이 가능하도록 하고, 실제 크기에서의 측정값과 시뮬레이션 결과값을 비교분석 한다면 조명 디자인 단계에서 좀 더 정확한 예측을 가능하게 할 것이다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았음.

참고문헌

- (1) Peter R. Boyce, Human Factors in Lighting, 2nd Edition, Lighting Research Center, 2003
- (2) J. H. Heerwagen, D. R. Heerwagen, Lighting and psychological comfort, Lighting Design and Application 16 (4) 1986
- (3) C. Cuttle, People and windows in workplaces, in: Proceedings of the People and Physical Environment Research Conference, Wellington, New Zealand, pp. 203-212, 1983
- (4) Lightscape User's Guide
- (5) Relux User's Guide
- (6) 송규동, 김지현, 최안섭, RADIANCE 프로그램과 인터넷 환경을 이용한 조명시뮬레이션 시스템 개발, 대한건축학회 논문집, 19권 4호, pp. 179-186, 2003