

실물대모형 및 1/5, 1/10축소모형의 자연채광 성능평가에 관한 비교분석

Comparative Daylighting Performance Analysis of Offices in 1/10, 1/5 Scale Models and Mock-up Model

백 승 헌^{*} 김 정 태^{**}
Baik, Seung Heon Kim, Jeong Tai

Abstract

Mock-up model can be applied to measure accurate performance data but difficult to apply the variables in experiment. There can be a slight experiment errors in Scale model, but various parameters can be applied for a objective experiment. This paper aims to compare the daylighting performance in 1, 1/5, 1/10 scale model of offices and analyze the experiment errors to certificate the influence of model experiment. To analyse daylighting performance, a comparison of a Mock-up model, sized 12.0m(w)×7.2m(l)×3.7m(h), designed for experimentation of daylighting systems and its 1:5, 1:10 scale model. It has an identical configuration of reference room and the test room. For the test room, the lightshelf system was designed as Micro-4 reflective material. To assess work plane illuminance and light factor, photometric sensors of each room were installed at work-plane(6 points) and exterior horizontal illuminance (1 point). And luminance of window, rare of the room was measured under clear sky. It is to be monitored by Agilent data logger, photometric sensor Li-cor and the Radiant Imaging ProMetric 1400. Comparisons with a light factor, increase-decrease ratio and luminance are discussed.

키워드 : 실물대모형, 축소모형, 자연채광시스템, 작업면조도, 휘도

Keywords : Mock-up model, Scale model, Daylighting system, Work plane illuminance, Luminance

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

효과적으로 건축물에 적용된 자연채광 시스템은 에너지 절약 측면 뿐만 아니라 쾌적한 시환경과 작업능률을 향상시킬 수 있는 반면, 잘못 적용된 자연채광 시스템은 에너지를 과다하게 소비하거나 재실자들에게 시각적 불쾌감을 발생시키기도 한다. 이와 같이 실내공간의 시환경에 큰 영향을 미치는 자연채광시스템의 성능을 실제 천공하에서 평가하는 실험은 수시로 변화하는 천공상태, 태양고도 및 방위각으로 인해 어려움이 많다. 따라서 IEA SHC Task21에서는 실제 천공상태에서 실물대모형을 이용하여 같은 기상조건에서 채광시스템이 설치되어 있는 실험실과 설치되지 않은 기준실을 상호 비교하여, 채광성능을 평가하는 국제 모니터링 프로토콜을 제안하였다. 이에 미국, 영국 스위스 등 선진국을 중심으로 국제적 규모의 실물대모형을 제작하여

다양한 채광시스템의 성능실험을 하고 있다.

그러나 실물대모형의 실험은 설계단계에서부터 건물의 형상 및 재료, 반사율과 같은 실내 조건뿐만 아니라 향, 조망, 위치 등 외부 조건이 정해져 있어, 채광성능 실험 시 다양한 변수의 적용이 어렵다는 단점이 있다.

일반적으로 자연채광 성능평가를 위한 축소모형은 열환경, 역학적 구조, 음향, 환기 등의 문제를 관찰하기 위한 모형과는 달리 실물과 같은 축적을 요구하지는 않는다. 반면, 축소모형 실험은 간단한 모형으로도 양적인 채광 데이터를 얻을 수 있으며, 시각적 관찰을 통해서 내부공간의 질적인 평가가 가능하다. 또한 많은 변수의 적용을 통해 손쉽게 대안의 비교를 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

이에 본 연구는 모형축척(1, 1/5, 1/10)에 따른 사무소 공간의 자연채광 성능을 비교하여 실험 오차를 분석함으로써, 정확한 채광성능 예측하는데 모형의 축척이 미치는 영향과 그 유용성을 검증하는데 연구목적이 있다.

* 주저자, 경희대학교 대학원 석사과정
** 교신저자, 경희대학교 건축공학과(산학협력기술연구원) 교수
(jtkim@khu.ac.kr, Tel: 031-201-2539)

1.2 연구내용 및 방법

실험에 앞서 기존 연구를 통해 실물대모형과 축소모형의 오차를 유발하는 구성요소에 대해 고찰하였다. 그리고 동일한 환경조건을 갖는 부지에 실물대모형과 1/5 축소모형, 1/10 축소모형을 동일한 방위로 설치하였으며, 모형 내부마감 및 창호의 재질과 반사율도 똑같이 구성하였다. 또한, 창호의 단순함을 방지하기 위하여 각 모형의 실험실에는 광선반을 설치하였다. 각 실에 따라 실내 채광 성능의 지표가 되는 작업면 조도 및 휘도를 측정하였으며, 옥외 수평면 주광조도가 50,000[lux]이상의 청천공 상태에서 실시하였다. 측정된 자료를 이용하여 모형 축척에 따른 실내 채광 성능에 모형축척이 미치는 영향을 비교분석하였다.

1.3 기존 연구 조사

실물대모형 및 축소모형의 자연채광 성능실험 시 발생하는 오차의 요인을 분석하는 다양한 연구가 있다[(1)~(2)]. Schiler(1987)는 건축모형의 자연채광 모의실험을 통해 채광성능의 오차 요인은 모형의 디테일과 지면 반사율에 있음을 밝혔다. Love and Navvab (1991)은 실제천공에서 실험한 실물대모형과 컴퓨터 시뮬레이션 실험을 비교한 결과, 실험에서 오차가 생기는 원인은 조도센서의 크기 및 위치 그리고 보정값, 지면반사율과 모형 형태에 따른 영향에 있다고 하였다. Cannon-Brookes (1997)에 의하면 축소모형을 대상으로 조도측정 시 발생하는 오차요인은 모형 디테일의 정확성, 지면 반사율, 창호의 투과율, 조도 측정기기 및 실내 먼지 등에 있다고 하였다. 또한 Thanachareonkit (2005)는 실물대모형과 1/10 축소모형을 대상으로 동시에 조도측정을 한 결과 성능오차가 생기는 원인은 실내 표면 반사율, 축소모형의 위치, 스카이 뷰, 지면반사율 및 조도센서의 크기에 있음을 나타내었다.

입되도록 하였다. 실내 마감재는 일반 사무실에서 주로 사용하는 재료 중에서 비교적 밝은 색의 표면으로 되었으며, 가구는 배치되지 않았다.

또한 축소모형은 실물대모형의 실제 형상을 1/5, 1/10로 축소하여 제작하였으며, 동일한 비율의 실험실과 기준실로 구성되었다. 실내 바닥과 천장의 마감재와 창호는 실물대모형과 동일한 재료를 사용하여 내부의 표면 반사율을 동일하게 제작하였다. 실내 벽체의 경우 샌드위치 판넬 대신 합판을 사용하여 동일한 색상과 반사율로 마감하였다. 실물대모형의 광선반 지지대는 작업면 조도센서에 영향을 미치지 않아 축소모형에 설치하지 않았다. 축소 모형의 평면도 및 단면도는 그림 3과 같으며 표 1은 축척에 따른 각 모형의 개요이다.

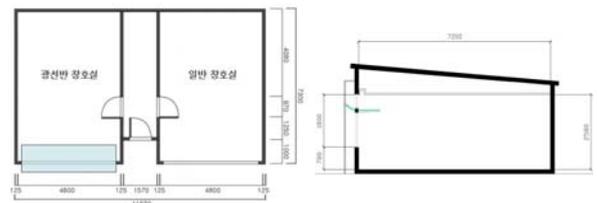


그림 2. 실물대모형의 평면도 및 단면도

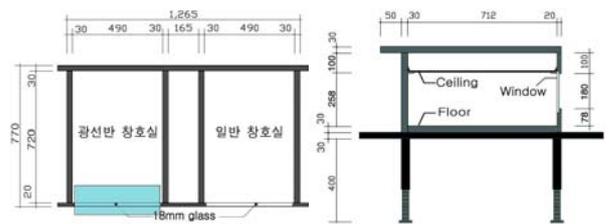


그림 3. 축소모형의 평면도 및 단면도(1/5, 1/10)

2. 실험방법론

2.1 실험대상 모형의 구성



그림 1. 실험모형의 형상 (좌로부터 1/10, 1/5, 실물대모형 입)

실물대모형은 IEA의 국제적 규모에 맞게 K대학교 공학관 건물옥상에 설치하였으며, 기준실, 데이터 취득실, 실험실로 구성되어져 있다. 기준실과 실험실은 동일한 크기(4900×7200×2580mm)의 일반적인 사무실 형태를 지녔으며, 남향에 4.8m×1.8m의 측창을 설치하여 자연광이 유

표 1. 축척별 실험모형의 개요

구분	실물대모형	1/5축소모형	1/10축소모형	
진체형상	12000×7300×3700	2640×1460×740	1320×730×370	
실 형상	4900×7200×2580	980×1440×516	490×720×258	
재질	벽체	샌드위치 판넬	합판	합판
	천장	텍스	텍스	텍스
	바닥	아스타일	아스타일	아스타일
색상	벽체	아이보리색	아이보리색	아이보리색
	천장	흰색	흰색	흰색
	바닥	연갈색	연갈색	연갈색
반사율	벽체	68%	68%	68%
	천장	51%	51%	51%
	바닥	87%	87%	87%
지면반사율	36.2%	36.2%	36.2%	
창호(mm)	4800×1800	960×360	480×180	
높이(mm)	780	156	78	
유리	LE58, CL	LE58, CL	LE58, CL	
프레임	하이샤시	흰색 시트지	흰색 시트지	

2.2 창호 시스템의 구성

창호는 조망창과 채광창의 이중창(4800×1800mm)으로 구성되어 있다. 일반 창호실에는 채광창과 조망창을 일반적으로 사무실에서 많이 사용하는 로이유리로 구성하였다. 광선반 창호실에는 광선반의 채광성능을 높이기 위해 채광창을 투명유리로 구성하였고, 조망창은 일반창호실과 마찬가지로 로이유리로 구성하였다. 또한 광선반 창호실의 채광창 하단에는 광선반 시스템을 설치하였다.

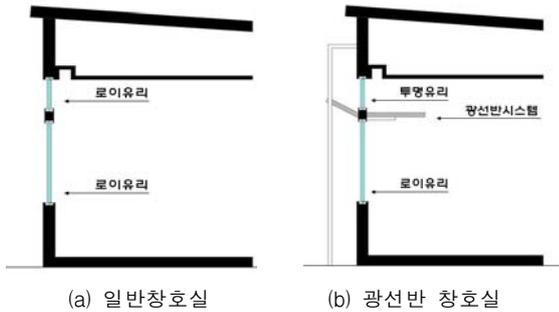


그림 4. 실물대모형 창호의 구성

실물대모형의 실험실의 광선반 채광시스템은 동지의 태양 남중고도를 고려하여 외부를 29도로 선정하였고 내부는 평형으로 설치하였으며, 시스템의 길이는 실내길이 810mm, 실외길이 390mm로 설정하였다. 또한 실내로의 빛 반사를 위해 아연도 처리한 강판에 반사율 97%의 독일 ALANOD사의 MIRO-4 반사필름을 부착하였으며, 채광창은 빛의 투과율이 좋은 투명유리로 설치하였다. 축소 모형의 광선반 채광시스템은 그 비율에 맞게 실물대모형의 시스템 형상을 축소하였으며, 빛의 반사율을 동일하게 하기 위해 같은 재질의 반사필름을 부착하였다.

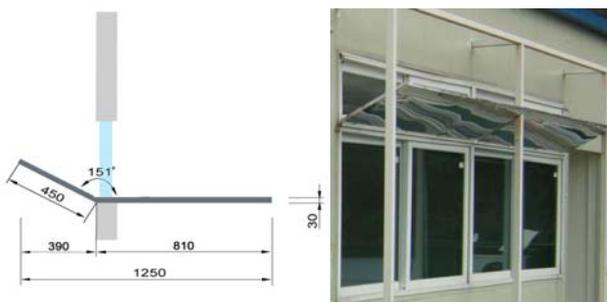


그림 5. 광선반 시스템의 형상

2.3 측정방법

채광성능 평가를 위한 실물대모형과 축소모형에 동일한 환경을 제공하기 위해 장애물이 없는 K대학 공학관 옥상에 3개의 모형을 동일 방위의 일렬로 배치하였다. 모형의 정면에는 15.8m 떨어진 지점에 높이 3.7m, 폭 11.8m의 옥탑이 있었으나 그 건물의 그림자가 측정모형에 미치지 않았으며, 실내의 태양광 유입에는 방해가 되지 않았다.

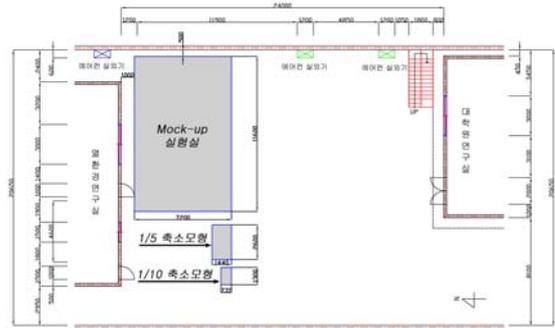


그림 6. 모형이 설치된 옥상의 평면도

조도 측정은 옥의 수평면 주광조도가 50,000[lux]이상인 청천공 상태에서 실시하였으며, 10월 20일 11:30분부터 14:30분까지 실물대모형과 1/5 모형, 1/10모형의 일반 창호실과 광선반 창호실 내부의 작업면 조도 및 옥의 수평면 주광조도를 측정하였다. 측정점은 바닥면에서 0.85m 높이인 작업면을 대상으로 실내 장면에서 1m 떨어진 지점부터 1m 간격으로 각 실에 총 6개의 지점을 측정하였다.



(a) 실물대모형



(b) 1/5 축소모형



(c) 1/10 축소모형

그림 7. 각 모형의 측정모습

실물대모형과 1/5 축소모형 및 1/10 축소모형의 일반창호실과 광선반 창호실에 각 실당 6개의 센서를 설치하였으며 총 36개의 센서와 옥외 수평면 주광조도를 동시에 측정하였다.

측정장비는 Li-cor사의 조도센서를 사용하였으며, 실내 조도변화를 10초 간격으로 2분 동안 측정한 값의 평균값을 산정하여 반복적으로 측정하였다. 측정된 실내의 조도는 Agilent사의 HP34970A Data Logger와 다량의 센서를 Data Logger로 연결해주는 단자채널을 사용하여 PC로 저장된다. *.csv로 저장된 파일은 EXCEL 프로그램으로 불러들여 채광성능 평가를 실시하였다.

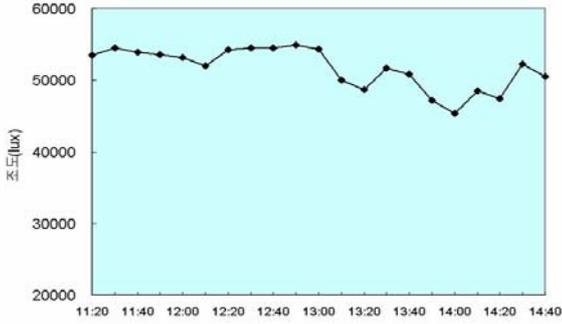


그림 8. 조도 측정시 옥외 수평면 주광조도(2006년 10월 20일)

또한 실내 휘도는 옥외 수평면 주광조도가 50,000[lux] 이상인 청천공 상태에서 실시하였으며, 정확한 측정을 위해 조도 센서 및 받침대 등 모든 실내 요소를 제거하였다. 측정 지점은 실외 중심선 후면부 끝점에서 창면부를 바라본 각도로 창면부와 천정면, 좌우벽면 및 바닥면 등이 전부 측정되도록 선정하였다. 동시에 옥외 수평면의 천공휘도를 측정하였다. 12월 4일 11:50분부터 13:00까지 실물대모형과 1/5 축소모형, 1/10 축소모형의 일반 창호실과 광선반 창호실 내부의 표면휘도를 측정하였다.

휘도를 측정하기 위한 시스템은 미국 Radiant Imaging Inc.에서 개발한 Radiant Imaging ProMetric 기기를 사용하였다. ProMetric을 이용하여 측정된 이미지는 분석프로그램을 이용하여 필요한 데이터를 분석한다. 휘도의 오차는 3% 이내이고, 카메라 시야각은 2°~72° 사이이다. ProMetric 기기의 구성은 카메라와 렌즈, 케이블, 삼각대, 컴퓨터를 비롯한 주변장치 등으로 이루어져 있다.

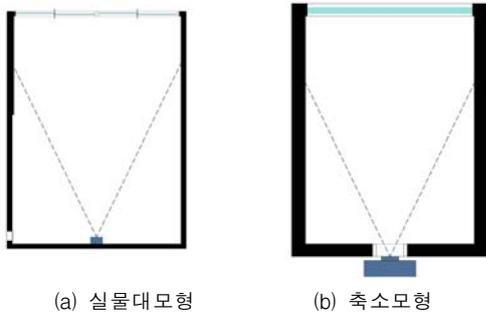


그림 9. 휘도 측정점

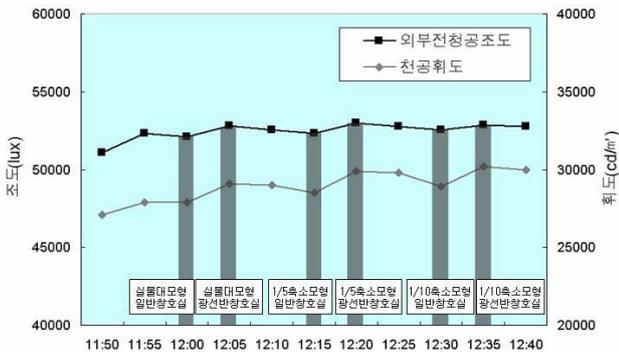


그림 10. 휘도 측정시 옥외 수평면 조도 및 천공휘도 (2006년 12월 4일)

3. 측정결과 및 분석

3.1 작업면 조도 및 주광조도비 측정결과

(1) 일반창호실의 주광조도비 비교분석

모형축척에 따른 채광성능을 비교하기 위해서 실물대모형 및 1/5, 1/10 축소모형의 일반 창호실에서 측정된 작업면조도와 동일한 시간의 옥외 수평면 주광조도를 통해 주광조도비를 계산하여 그 차이를 비교분석하였다. 그림 11은 3개 모형의 창으로부터의 거리별 주광조도비(작업면조도/옥외수평면 주광조도 ×100)를 분석한 그래프이다.

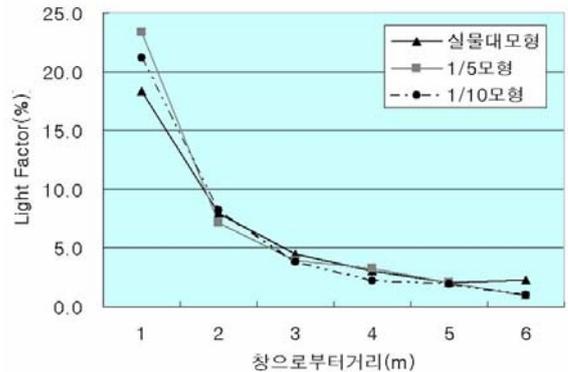


그림 11. 각 모형의 일반 창호실의 작업면 주광조도비

표 2. 실물대모형 대비 축소모형의 주광조도비 차이(%)

구분	1m	2m	3m	4m	5m	6m
1/5 모형	+5.0	+1.1	-0.6	+0.2	0.0	-1.3
1/10 모형	+2.8	+0.3	-0.7	-0.8	-0.1	-1.2

이 그래프를 보면, 3개의 모형에서 측정된 주광조도비는 거의 유사한 값을 나타내고 있으나 5% 미만의 차이가 있음을 알 수 있다. 창으로부터 1m인 지점에서는 실물대모형의 주광조도비가 18.3%인데 반해, 1/5 축소모형의 경우 23.3%, 1/10 축소모형의 경우 21.2%로, 1/5 축소모형은 실물대모형과 비교 시 5%의 차이로 각 지점에서 측정된 결과 중에서 가장 큰 차이를 보이고 있으며, 1/10 축소모형의 경우, 2.8%의 차이가 있었다. 창으로부터의 2m인 지점에서는 1/5 축소모형의 경우 1.1% 높게 측정되었으며, 1/10 축소모형의 경우에는 0.3% 높게 측정되었다. 3~5m인 지점에서는 실물대모형에 비해 축소모형의 주광조도비가 낮게 측정되었으나 그 차이가 1% 미만으로 거의 동일한 주광조도비를 나타내고 있었다. 창으로부터 6m인 지점은 실물대모형의 주광조도비가 2.2%인데 비해 1/5 축소모형은 0.9%, 1/10인 경우 1.0%로 약 1.3%, 1.2% 낮게 측정되었다.

태양의 직사일광이 유입되는 창면부분에는 각 모형 축척에 따라 가장 높은 차이가 있었으며, 창면에서 멀어질수록 점점 낮은 차이를 보이다가 직사일광보다 확산광에 의해 조도의 영향을 받는 창면에서 가장 멀리 떨어진 6m

지점에서는 다시 차이가 높아지는 것으로 분석되었다. 또한 축소모형의 경우 실물대모형에 비해 직사일광 유입이 많은 부분에서는 주광조도비가 높게 측정되고 있으며, 후면부로 갈수록 낮게 측정되는 것으로 분석되었다. 전체적으로 1/5모형의 경우 실물대모형과 비교 시 평균 1.4%의 차이가 있었으며, 1/10인 경우는 0.9%의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

본 실험에서 모형은 1/5, 1/10의 축척에 따라 면적이 줄어드는 반면, 조도센서의 크기는 일정하여, 실내로 유입되는 직사일광과 확산광, 그리고 각 실내면에서 반사되는 반사광의 측정에 차이가 생기는 것으로 사료된다.

(2) 모형축척별 광선반 상호실의 주광조도비 비교분석

광선반 설치에 따른 자연채광성능의 비교를 위해 각 모형의 일반창호실과 광선반 상호실에서 측정된 작업면 조도를 이용하여 실물대모형의 두 실에서 측정된 주광조도비의 변화율과 1/5 축소모형, 1/10 축소모형의 각 상호실에서 측정된 주광조도비의 변화율을 비교하였다. 그림 12는 3개 모형의 광선반 시스템 설치 유무에 따른 각 상호실의 주광조도비를 분석한 그래프이다.

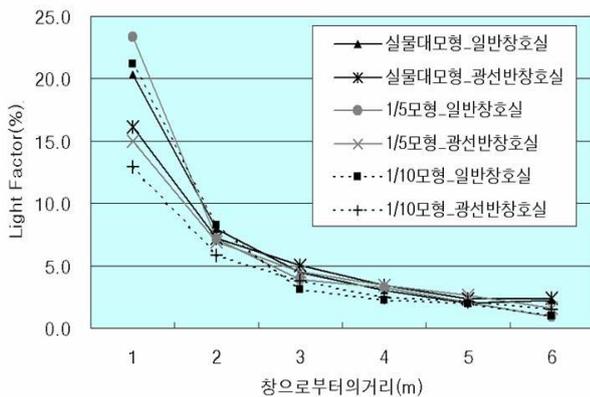


그림 12. 각 모형의 상호실별 작업면 주광조도비

표 3. 모형의 일반창호실과 광선반상호실의 주광조도비 차이(%)

구분	1m	2m	3m	4m	5m	6m
실물대모형	-2.2	-0.7	+0.6	+0.4	+0.3	+0.2
1/5 모형	-8.4	-0.6	+0.6	+0.1	+0.6	+0.7
1/10 모형	-8.2	-2.4	-0.7	+0.3	+0.2	+0.5

실물대모형의 일반창호실과 광선반상호실의 주광조도비의 변화율을 비교한 결과, 창으로부터 1m인 거리에서의 주광조도비는 실물대모형의 경우, 광선반을 설치하였을 경우 2.2%의 변화를 보였으며, 창면으로부터 가까울수록 더 많은 변화가 있음을 알 수 있었다. 1/5 축소모형의 경우, 광선반 설치로 인한 주광조도비의 변화율은 8.4%로 측정되었으며, 1/10 축소모형에서는 8.2%의 변화가 있음을 확인하였다. 창으로부터 2m인 지점에서는 실물대모형

의 경우, 0.7%의 변화가 있었으나, 1/5 축소모형에서는 0.6%, 1/10 축소모형은 2.4%의 주광조도비가 감소하였다. 3m 지점 이후에서는 주광조도비가 증가하는 현상을 보였으며, 최대 0.7%의 변화율을 확인하였다. 또한 6m인 지점에서는 0.5%의 차이가 있음을 알 수 있었다.

1/10 축소모형에서의 주광조도비 변화율과 실물대모형의 변화율의 차이는 1/5 축소모형의 경우와 마찬가지로 창으로부터 1m인 지점이 6.0%의 가장 높은 차이를 보였으며, 2m인 지점에서는 1.1%의 차이를 보였다. 또한 나머지 지점에서는 0.1%이하의 낮은 차이를 보여 전체적으로 실물대모형과 축소모형의 차이는 창으로부터 근접한 곳에서 많은 차이가 있음을 알 수 있으며, 창면에서 가장 떨어진 지점에서도 다른 지점에 비해 높은 차이가 있음을 알 수 있었다.

광선반의 설치에 따른 주광조도비의 차이가 일반창호실의 주광조도비의 차이에 비해 약 1~2%가 증가한 이유는 시스템의 재료 및 설치에 따른 디테일의 오차가 크게 작용한 것으로 사료된다.

3.2 모형축척별 실내 표면휘도의 비교분석

(1) 일반창호실의 실내 표면휘도 비교분석

실내 채광성능을 평가하기 위한 지표로서 실내표면 휘도를 이용하여 각 모형축척에 따른 오차범위를 확인하였다. 각 모형에 따른 실내표면 휘도는 주광조도비의 분석과 마찬가지로 모형축척에 따른 변수와 광선반 설치에 따른 변수를 구분하여 비교분석하였다. 먼저 모형축척에 따른 실내채광성능을 분석하기 위해 일반창호실을 대상으로 분석하였다. 그림 13은 3개 모형의 일반창호실의 각 부분별 실내표면휘도를 분석한 그래프이다.

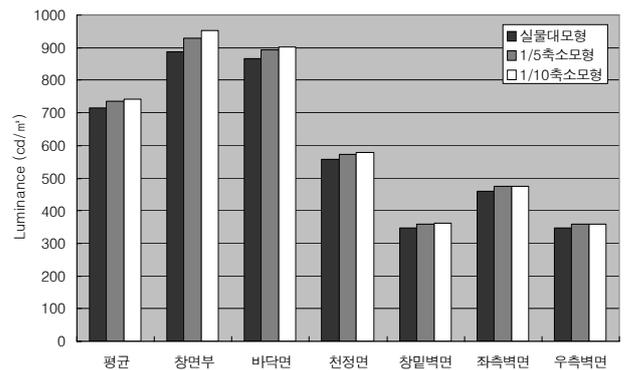
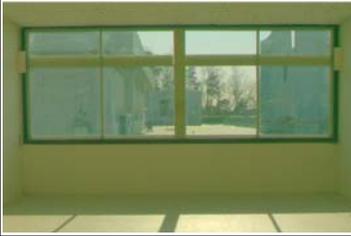
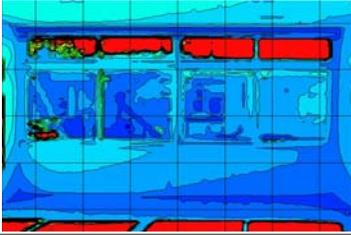
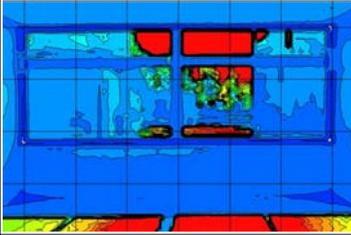
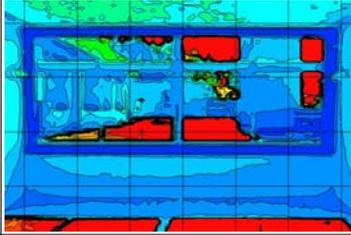
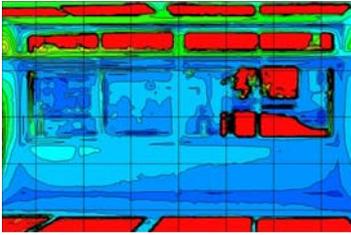
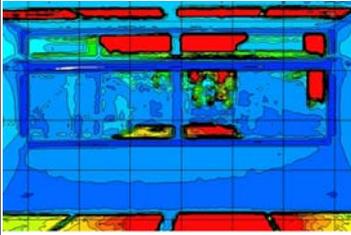
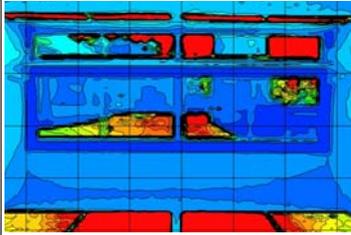


그림 13. 각 모형의 일반 창호실의 실내 측정면별 휘도

실물대모형 실내표면 휘도의 평균값은 714cd/m²로 측정되었으며, 천공이 직접 보이는 창면부가 888cd/m², 직사일광이 실내에 직접적으로 입사되는 바닥 부분이 867cd/m²로 가장 높은 휘도값을 나타내고 있다. 직사일광이 전혀 입사되지 않는 창하부벽은 348cd/m², 우측벽면은 348cd/m²로 가장 낮은 휘도값을 보이고 있다.

표 4. 각 창호실별 휘도 측정결과

구 분		실물대모형	1/5 축소모형	1/10 축소모형
일반 창호실	사 진			
	옥외수평면 주광조도(lux)	52,110	52,340	52,560
	옥외천공휘도 (cd/m ²)	27,900	28,500	28,900
	실내 표면 휘도 (cd/m ²)			
	평균	714	737	743
	창면	888	930	954
	바닥면	867	894	903
	천정면	557	572	579
	좌측벽면	461	475	475
	우측벽면	348	360	359
창아래벽면	348	359	362	
광선반 창호실	사 진			
	옥외수평면 주광조도(lux)	52,830	52,980	52,840
	옥외천공휘도 (cd/m ²)	29,100	29,900	30,200
	실내 표면 휘도 (cd/m ²)			
	평균	940	975	988
	창면	1,054	1,110	1,138
	바닥면	998	1,032	1,040
	천정면	1,626	1,716	1,695
	좌측벽면	503	518	519
	우측벽면	441	455	457
창아래벽면	422	437	440	

1/5 축소모형의 경우, 실내 표면 휘도 평균값은 737cd/m²로 측정되었으며, 1/10 축소모형은 평균 743cd/m²의 휘도를 보이고 있다. 1/5과 1/10 축소모형도 실물대모형과 마찬가지로 창면부와 바닥면이 가장 높은 휘도값을 나타내고 있으며, 창하부 벽면과 우측벽면이 가장 휘도가 낮은 것으로 측정되었다.

3개의 모형에서 측정된 휘도값은 약간의 차이를 보이고 있으며, 그 중 창면부에서 가장 큰 차이가 있는 것으로 분석되었다. 실물대모형과 1/5 축소모형의 실내 표면 휘도를 비교한 결과, 평균 3.2%의 차이를 보였으며, 실물대모형에 비해 1/5 축소모형이 더 높은 휘도값을 나타내고 있다. 부분별 휘도에서는 창면부가 4.7%로 가장 큰 차이를 보였으며, 천정면의 경우 2.7%로 가장 낮은 차이를 보였다. 실물대모형과 1/10 축소모형을 비교한 결과, 평균 4.1%의 차이를 보였으며, 전체적으로 더 높은 휘도값을 나타내고 있다. 창면부의 경우 휘도가 7.4%로 가장 높은 차이를 보이고 있으며, 바닥면의 경우 4.2%, 창밀 벽면부는 4.0%의 차이를 보였고 좌우측벽면의 경우 3.0%로 가장 낮은 차이를 있음을 확인하였다.

실내 표면휘도 측정 시 실물대모형의 경우 실내에서 창면부를 대상으로 측정하는 반면, 축소모형에서는 측정 장비의 크기로 인해 실내에서 측정이 불가능하여 측정범위에 약간의 오차가 생길 수 있으며, 측정시 태양 방위각 및 외부 천공조도의 변화로 인해 각 모형에 따른 휘도값의 차이가 생기는 것으로 사료된다. 또한 창면부의 경우, 다른 부분보다 많은 차이를 보이는 이유는 각 모형의 위치에 따른 스카이라이프, 지면반사율 및 조망대상이 달라 생기는 것으로 판단된다.

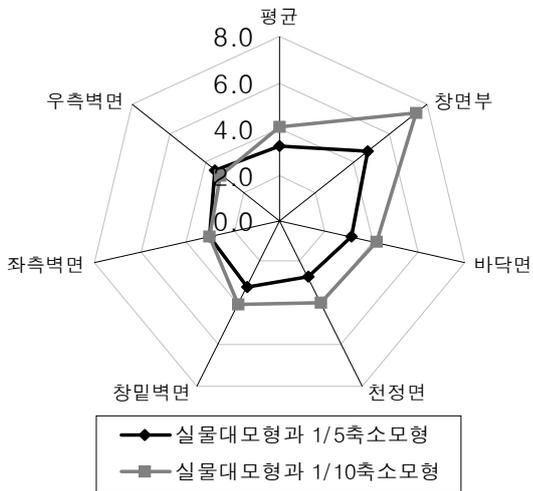


그림 14. 실물대모형 대비 축소모형의 측정면별 휘도 차이(%)

표 5. 실물대모형 대비 축소모형의 측정면별 휘도 차이(%)

구분	평균	창면부	바닥면	천정면	창밀벽면	좌벽면	우벽면
1/5 모형	+3.2	+4.7	+3.1	+2.7	+3.2	+3.0	+3.4
1/10 모형	+4.1	+7.4	+4.2	+3.9	+4.0	+3.0	+3.2

(2) 광선반 창호실의 실내 표면휘도 비교분석

광선반 설치에 따른 모형의 실내 표면휘도의 변화율의 차이를 분석하기 위해 각 모형의 일반창호실과 광선반 창호실에서 측정된 실내 표면휘도를 이용하여 실물대모형의 두 실에서 측정된 실내 표면휘도의 변화율과 1/5 축소모형, 1/10 축소모형의 각 창호실에서 측정된 실내 표면휘도의 변화율을 비교하였다. 그림 15는 3개 모형의 광선반 설치 유무에 따른 광선반 창호실의 실내표면휘도를 분석한 그래프이다.

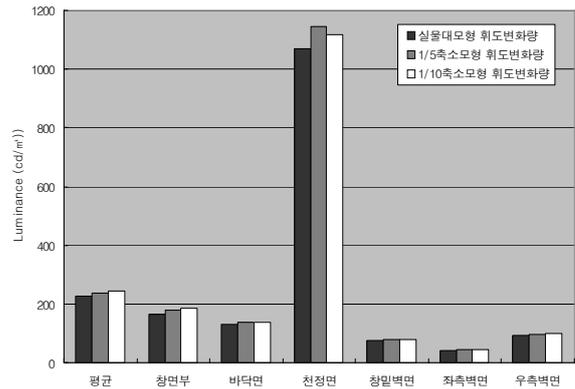


그림 15. 각 모형의 광선반 설치에 따른 실내 표면휘도 변화량

광선반 채광시스템 설치로 인해 채광창으로 입사되는 직사일광이 천장면에 반사되어 창면부를 바라본 각도에서의 실내 표면휘도는 전체적으로 증가하였다. 실물대모형의 평균 실내표면휘도는 226cd/m²가 증가하였으며, 1/5 축소모형은 238cd/m², 1/10 축소모형은 243cd/m²가 증가하였다. 특히 천장면의 경우, 실물대모형은 1069cd/m²가 증가하였으며, 1/5 축소모형은 1144cd/m², 1/10 축소모형은 1116cd/m²로 가장 큰 증가량을 보이고 있다. 반면 직사일광의 입사에 따른 영향이 적은 좌우측 벽면과 창밀 벽면에서는 적은 증가량을 나타내고 있다.

실물대모형과 1/5 축소모형의 광선반 설치로 인한 실내표면 휘도의 변화율을 비교해보면, 평균 5.3%의 차이를 보였으며, 실물대모형에 비해 1/5 축소모형의 경우, 전체적으로 더 높은 변화율을 보이고 있다. 특히 창면부에서 8.4%로 가장 큰 변화율을 나타내고 있으며, 광선반 시스템에 의해 직사일광이 반사되는 천정면 부분에서는 7.0%로 비교적 높은 차이가 있었다. 또한 좌우벽면은 2.2%로 가장 낮은 차이를 나타내고 있다. 실물대모형과 1/10 축소모형을 비교한 결과, 평균 7.5% 높은 변화율을 보이고 있으며 1/5 축소모형에 비해 2.2% 높은 변화율을 나타내고 있다. 부분별 휘도변화율에서는 창면부가 10.8%로 가장 높은 차이를 보이고 있으며, 나머지 벽면 및 바닥면에서는 4.4~5.4%의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

실내 표면휘도 측정 시 장비 크기로 인한 측정범위의 오차와 함께 채광시스템의 재질, 색상 및 형상의 상세 디테일의 차이가 이와 같은 실험 오차를 발생시키는 요소이며, 측정 시간에 따른 태양 고도 및 방위각의 변화로 인해 입사되는 직사일광의 방향이 변화되어 부분별 휘도

값의 차이가 생기는 것으로 사료된다. 또한 창면부의 경우, 일반 창호실의 표면 휘도를 비교했을 때와 마찬가지로 각 모형의 위치에 따른 스카이뷰, 지면반사율의 차이로 인해 다른 부분에 비해 많은 차이를 보이는 것으로 판단된다.

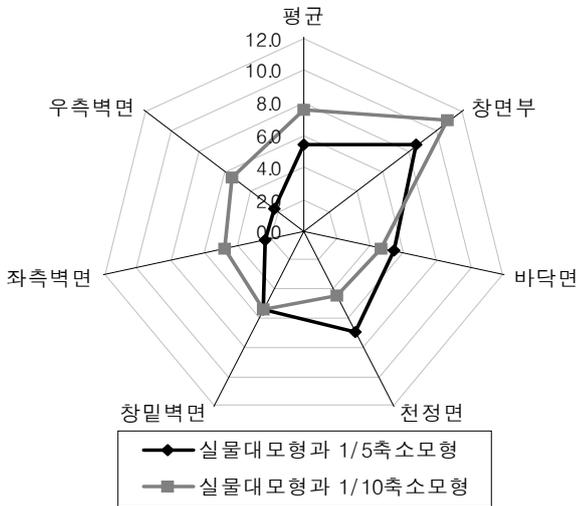


그림 16. 광선반 설치에 따른 축소모형의 휘도 증감율 차이(%)

표 6. 광선반 설치에 따른 축소모형의 휘도 증감율 차이(%)

구분	평균	창면부	바닥면	천장면	창밀벽면	좌벽면	우벽면
1/5 모형	+5.3	+8.4	+5.3	+7.0	+5.4	+2.4	+2.2
1/10 모형	+7.5	+10.8	+4.6	+4.4	+5.4	+4.8	+5.4

4. 결론

모형 크기가 자연채광의 성능평가에 미치는 영향을 실험적으로 비교분석한 결과 작업면 주광 조도의 경우 그 오차는 모형축척에 따라 약 5% 미만의 차이가 있었으며, 광선반 시스템 설치로 인한 주광조도비 오차는 약 6% 미만으로 나타났다.

또한 각 모형의 실내 표면휘도를 비교한 결과, 실물대 모형에 비해 1/5 축소모형은 평균 3.2%, 1/10 축소모형은 평균 4.1%의 차이가 있음을 확인할 수 있었으며, 광선반 설치로 인한 실내 표면휘도 변화율의 차이는 1/5 축소모형이 5.3%, 1/10 축소모형이 7.5%의 오차범위가 있음을 확인하였다.

보다 정확한 측정값을 얻기 위해 내부적으로는 축소모형 및 채광시스템의 형상, 재질 및 반사율 등을 좀더 동일하게 제작하고, 상세한 디테일을 표현해야 할 것이며, 외부적으로는 창면에서 보이는 스카이뷰와 지면반사율 및 태양 방위각의 변화 등을 고려한다면 그 오차범위를 더 줄일 수 있다. 자연채광성능 실험을 통해 실물대모형과 축소모형의 오차범위를 정확히 파악한다면 건축물에 적용할 채광시스템의 효율을 높일 수 있으며, 쾌적한 환경과 작업능률의 향상을 촉진시킬 것으로 사료된다.

향후 현장측정과 모형실험의 더욱 정확한 자연채광 성능오차를 확인하기 위해 옥외 수평면 주광조도의 변화에 따라 실내 표면휘도를 보정하는 연구가 필요할 것이며, 축소모형의 위치, 높이, 조망요소, 천공상태 및 조도센서의 모형비율에 따른 크기 등 다양한 변수를 적용한 실험과 이를 통해 자연채광 실험에서 생기는 축소모형의 오차요인을 분석하는 지속적인 연구가 필요하다.

후 기

이 논문은 과학재단 특정기초연구사업(R01-2006-000-10712-0)의 연구비 지원에 의한 연구결과의 일부임.

참고문헌

- Schiler, M. (Ed.), 1987. Simulating Daylight with Architectural Models, Daylighting Network of North America. University of Southern California, Los Angeles, USA.
- Love, J.A., Navvab, M., 1991. Daylighting estimation under real skies: a comparison of full-scale photometry and computer simulation. Journal of Illuminating Engineering Society 20 (1), 140. 156, IESNA (USA).
- Cannon-Brookes, S.W.A., 1997. Simple scale models for daylighting design: analysis of sources of error in illumination prediction. Lighting Research and Technology 29, 135. 142, CIBSE (UK).
- Thanachareonkit, A., Comparing daylighting performance assessment of buildings in scale models and test modules, Solar Energy 79, 2005, pp.168-182
- 김정태 외, Mock-up model을 이용한 경사형광선반 채광시스템의 개발 및 채광성능평가에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.24, No.2, 2004, pp.39-50
- 정인영, 최상현, 김정태, 첨단채광시스템 실험용 Mock-up 모형의 형상 및 모니터링 프로토콜 시스템에 관한 비교분석, 한국생태환경건축학회 논문집, Vol.4, No.1, 2004.3, pp.11-20
- 정인영, 김정태, 축소모형을 이용한 분할형 유리투과체 창호시스템의 채광성능실험, 한국생태환경건축학회 논문집, Vol.4, No.4, 2004.12, pp.61-68
- 백승헌, 신화영, 한현주, 김정태, 모형축척에 따른 사무소 공간의 자연채광 성능에 관한 비교분석, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제6권 제2호, 2006.11, pp.191-194