

복층유리 격자루버시스템의 주광특성에 관한 시뮬레이션 평가

(Computer Simulation on the Characteristics of Daylight Distributions
by Grating Louver System in a Pair Glass)

박병철* · 최안섭**

(*세종대학교 건축공학과 박사과정 · **세종대학교 건축공학과 교수)
(Byoung-Chul Park · An-Seop Choi)

Abstract

New shading system, which is Grating Louver System into a pair glass, is proposed for integrated lighting system between Daylight Responsive Dimming Systems and shading system in this study. The optimized distance of louvers, which is to block direct sunlight into a space, is calculated. Grating Louver System was simulated using Desktop Radiance 2.0 of lighting simulation software for comparing daylight distribution and changes of control slope by distance from window to back wall with roller shading system controlled by sun profile angle.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 화석에너지 자원의 고갈, 환경오염과 유가의 불안정으로 인한 경제 불안으로 자연에너지 및 대체에너지의 개발에 대한 관심이 집중되고 있다. 한국의 총 에너지 소비량 중 건물이 높은 비중을 차지하고 있는데, OECD 국가들의 총 에너지 소비량의 약 40%는 건물에너지와 연관되어 있다[1].

이와 관련하여 세계 각국, 기관, 연구자들은 다양한 정책의 제안으로 CO₂ 발생량과 에너지 소비량을 줄이기 위해 노력하고 있다[2,3]. 건축물과 관련한 에너지 소비량과 관련하여, 건설산업 전반에 걸쳐 친환경 건축 기술과 건축물 에너지절감 기술 등이 주요 관심사로 등장하고 있다. 특히, 최근 지속적으로 건설되고 있는 초고층 건축물과 관련한 에너지 절감과 쾌적한 실내 환경을 위한 첨단 시스템의 연구와 적용이 활발하다.

초고층 건축물에서 인공조명과 관련된 에너지 소비량은 총 에너지 소비량의 20% 이상이다[4]. 조명용 에너지를 절감을 위해서는 고효율의 조명기구를 사용하는 방법, 조명기구의 점소등, 주광을 활용하여 인공 조명을 조광하는 방법 등이 있다. 그 중 유용한 주광을 이용하여 인공조명을 제어하는 조광제어시스템은 건물 외피가 주로 유리로 되어있는 초고층 건축물에 적합한 조명제어 시스템이다.

주광을 활용하는 조광제어시스템의 에너지 절감량은 유용한 주광의 유입량에 따라 결정된다. 본 연구에서,

유용한 주광은 재실자에게 불편함(불쾌 눈부심, 불능 눈부심)을 주지 않는 주광을 말한다. 일반적으로, 재실자에게 불쾌감을 주는 주광은 직사일광이고, 이를 차단하기 위해 차양시스템을 설치한다. 그러나 수동형 차양시스템의 경우 외부환경의 변화에 따라, 재실자에 의한 제어가 이루어지지 않아 유용한 주광과 직사일광이 같이 차단되고 있다. 최근 광센서 조광제어시스템의 적용성 향상을 위해, 자동 웨이딩시스템을 이용하여 불쾌한 주광은 차단하고 유용한 주광을 유입하여, 조광제어시스템과 연동하는 통합 시스템에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다[5,6].

자동 차양시스템으로는 롤러웨이딩시스템과 베니션 블라인드 시스템이 활발히 연구되어지고 있는데, 주광의 입사를 수직적으로 계산한 일영각을 기준으로 차양 장치의 높이 및 각도를 계산하여 제어하는 시스템이다. 그러나 태양의 위치가 건축물 개구부(창)의 측면에 위치할 경우, 개구부 중심을 기준으로 좌측과 우측의 주광유입량의 차이도 함께 고려되어야 한다.

따라서, 본 연구의 목적은 주광의 유입을 수직·수평적으로 제어하고, 기존 건축물의 부채와 일체화 할 수 있는 새로운 차양시스템으로 복층유리 격자루버시스템을 제시하는 것이다. 복층유리 내 격자형 루버를 이용한 새로운 차양시스템을 기존 차양시스템과 비교하여 위하여, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 주광의 유입분포를 기존 차양시스템과 비교하였다. 그리고 광센서 조광제어시스템과의 연동성을 평가하기 위해, Desktop Radiance 2.0에서 수행가능한 5가지 천공 상태에 대한 광센서와 작업면 조도의 관계를 비교·분석하였다.

1.2 연구의 방법 및 범위

정남향에 창이 있는 소규모 사무실을 기준으로 ① 롤러셰이드가 바닥까지 고정된 상태(RS_Fix), ② 롤러셰이드의 높이를 일영각에 의해 제어된 상태(RS_Ctrl), ③ 격자형 루버 시스템(GL)이 설치된 상태와 ④ 셰이딩시스템이 없는(Ref) 상태의 4가지 조건을 Desktop Radiance 2.0을 사용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였다. 격자형 루버시스템의 경우 22mm 복층유리를 기준으로 직사일광의 유입을 차단하기 위하여 직사일광이 창면을 통과할 때, 1회 이상 루버(완전 확산체)에 반사되어 확산광으로 변화할 수 있는 루버의 간격을 최적화하여 산출·적용하였다. 시뮬레이션은 춘분·하지·동지의 9·12·15시를 기준으로, Desktop Radiance 2.0의 'Gensky' 프로그램에서 수행 가능한, CIE 청천공(-S)·부분담천공(-I)·담천공(-C), 태양이 있는 청천공(S)과 태양이 있는 부분담천공(I)상태에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 개요 및 조건

시뮬레이션 공간의 크기는 3.0m(W) × 5.0m(D) × 2.4m(H)이고, 실의 정 남향에는, 입면의 중앙부에 위치한 2.6m(W) × 2.0m(H)의 창이 있다. 실내 마감재의 반사율은 천정과 벽체가 0.86이고, 바닥이 0.18이다. 작업면 조도의 계산은, 창면으로부터 0.3m 간격(㉑~㉒)과 벽으로부터 0.3m의 간격(㉓~㉔)의 그리드 형태로 교차점(높이 0.75m)을 계산하였다. 광센서와 작업면 조도와와의 관계를 비교하기 위하여, 천장의 중앙부(㉕, ㉖)에 광센서를 대표할 수 있는 조도센서를 하향에 설치하였다. 다음 그림 1은 시뮬레이션에 사용된 공간의 크기 및 센서의 위치를 나타낸다.

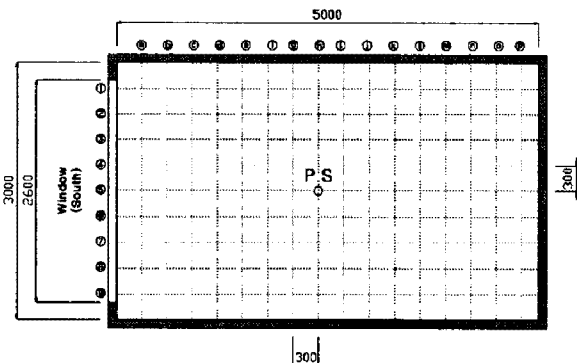


그림 2. 사무공간의 크기 및 센서 위치
Fig. 1. Space Size and Sensors' Position

복층유리 내 격자형 루버시스템의 주광유입분포와 광센서 조광제어시스템의 광센서와 작업면 조도의 관계(제어기울기)를 비교하기 위하여, 그림 2와 같이 4가지 셰이딩시스템을 비교하였다. 롤러셰이드의 주광 투과율은 일반적으로 사용되는 5%를 적용하였다. 다음 그림 2는 차양시스템형식에 대한 시뮬레이션 조건이다.

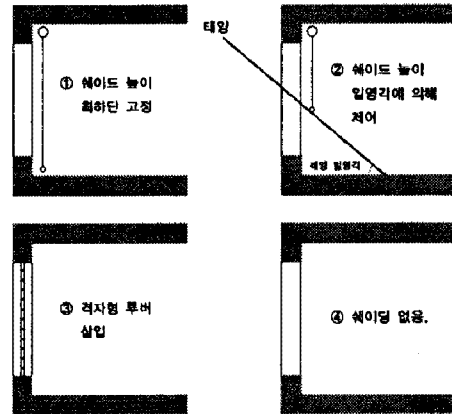


그림 3. 차양시스템 형식
Fig. 2. 4 Types of Shading Systems

2.2 복층유리 내 루버의 형태 및 크기

복층유리 내부에 루버를 삽입할 경우, 루버의 형상이 반복되어 제작의 용이성을 제공할 수 있는 형태를 선정하였다. 그림 3은 변이 3개 이상으로 이루어진 다각형의 한 변이 맞닿은 연속적인 형태로, 그 중 그 입면 형상이 동일하게 반복되는 것은 4각형과 6각형이다. 본 연구에서는 4각형(격자)의 루버를 복층유리 내에 적용하는 것을 선정하였다.

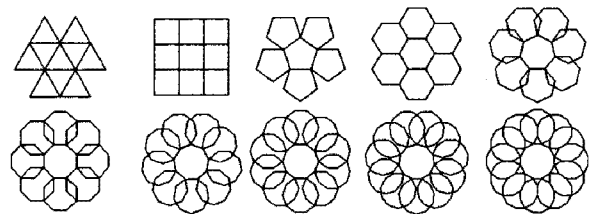


그림 4. 루버의 입면 형상
Fig. 3. Shape Study of Louver

본 연구에서 제안하는 격자형 루버는 22mm 복층유리 내부에 설치하는 것으로, 그 깊이는 12mm(유리 5mm×2장)로 제한되어있다. 주광의 유입분포는 격자 루버의 간격에 따라 결정된다. 본 연구에서는 직사일광이 실내로 직접 들어오지 않는 루버의 간격을 산출하였다. 격자형 루버시스템은 수동형 시스템으로 시간에 따른 태양입사각의 변화를 고려하여, 춘분·하지·동지의 오전 9시부터 18시까지의 태양입사각을 계산하고, 이

를 일영각(a_p)과 입면방위각(a_z)으로 나누어 격자형 루버의 간격을 결정하였다. 다음 그림 3은 일영각과 태양의 방위각에 따른 격자형 루버의 간격을 산정하는 개요이고, 수식 1과 2는 S_h 와 S_w 의 산출에 관한 식이다.

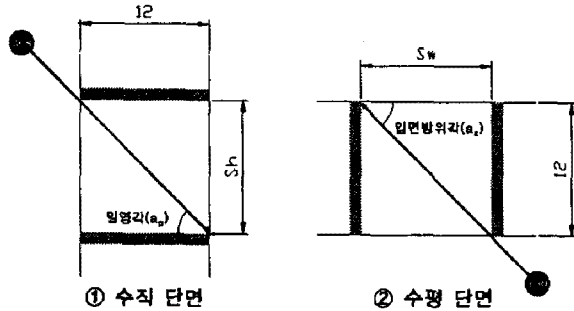


그림 5. 루버 간격 산출 개요
Fig. 4. Calculation of Distance between Louvers

$$S_h = 12mm \times \tan a_p \quad (1)$$

$$S_w = 12mm \times \tan a_z \quad (2)$$

식 1과 2에 의해 산출된 S_h 와 S_w 는 직사일광이 실내에 입사되지 않는 최소의 간격으로, 정남향에 위치한 창면의 복층유리 격자루버시스템을 위해 춘분·하지·동지의 오전 9시부터 18시까지 계산된 두 간격(S_h , S_w)을 산출한 후 큰 간격을 기준으로 최소값을 산출하였다. 다음 표 1은 각 시기별 간격의 최소값으로, 본 연구에서는 루버의 간격을 6.6mm로, 루버의 두께는 1mm로 적용하여 3D모델링을 하였다.

표 1. 절기별 9-18시 사이의 최소 간격
Table 1. Minimum Distance between Louvers on Spring Equinox, Summer and Winter Solstice

구분	춘분(mm)	하지(mm)	동지(mm)
S_h 와 S_w 값 중 큰 값의 9-18시 사이의 최소값	13.100	15.275	6.604

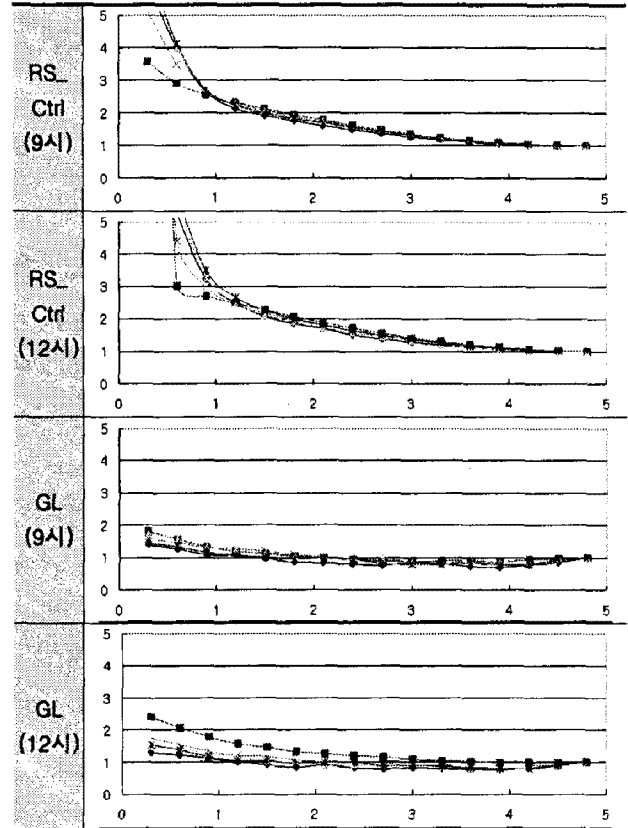
3. 시뮬레이션 결과

3.1 주광유입분포

창면으로부터 실내측 벽까지의 주광유입분포를 알아보기 위해, 그림 1의 ㉔~㉑열의 평균 조도값을 산출하여, 창과 마주한 벽에서 가장 가까운 ㉑열의 평균 조도값으로 나누어 각 천공별 주광유입비율 분포를 도출하였다. 표 2는 춘분 오전 9시와 오후 12시의 창면으로부터의 거리(X축)에 따른 실내측(㉑열)과의 조도비(Y축:Ratio)이다. 본 연구에서는 태양시를 기준으로 시뮬레이션을 실시하였고, 정남향의 창면에 의해 오전 9시와 15시의 결과는 유사하다. 표 2에서 GL의 경우,

RS_Ctrl에 비해, 주광유입비율의 분포가 완만하여 균제도가 좋은 것으로 사료된다. 또한, GL과 RS_Ctrl 모두, 실내측 2m이상부터의 5가지 천공상태에 따른 주광유입비율분포의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

표 2. 춘분의 주광유입비율분포
Table 2. Daylight Distributions on Spring Equinox



*. \blacktriangle -S \blacksquare +S \blacktriangleleft -C \blacktriangleright +H \blackstar -I

3.2 주광유입량 및 균제도

각 차양시스템별 주광유입량을 비교하기 위해, 시뮬레이션에 의해 산출된 154점의 조도에 대한 평균조도를 산출하였고, 유입된 주광의 질을 평가하기 위해 균제도(평균/최대)를 산출하였다. 다음 표 3은 하지 오전 9시, 오후 12시와 15시의 RS_Ctrl과 GL에 대한 평균 주광유입량과 균제도이다. 주광의 유입량은 RS_Ctrl의 경우 약 6배 이상 높고, 균제도의 경우 GL이 약 2배 이상 높은 것으로 나타났다.

표 3. 하지의 시간별 평균주광유입량 및 균제도
Table 3. Avg. Illuminance Values and Ratios between Avg. Illuminance Value and Maximum Illuminance Value by Daylight

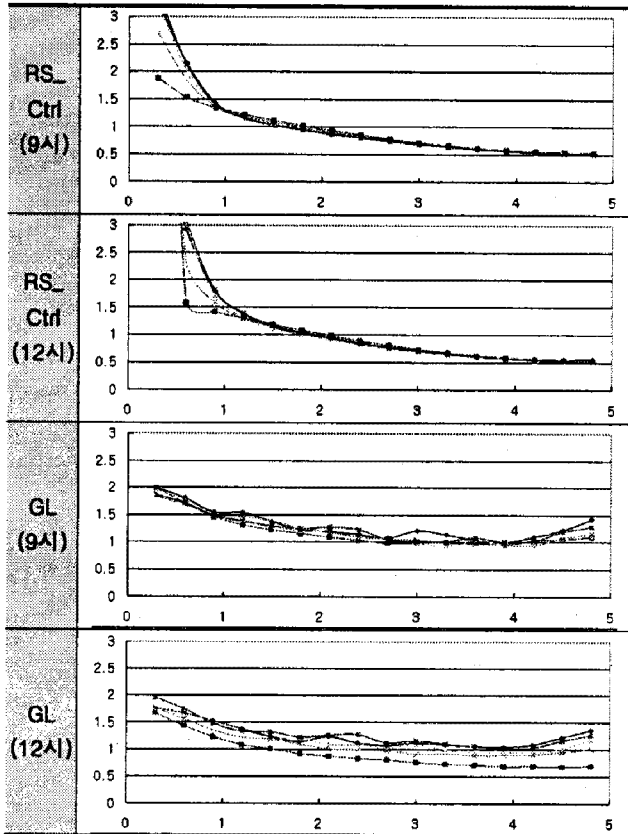
천공_시간	-S_09	-L_09	-C_09	+S_09	+L_09	
RS_	Avg.	719	848	714	836	869
Ctrl	Avg/Max	0.26	0.23	0.21	0.28	0.23

GL	Avg.	112	111	84	116	112
	Avg/Max	0.58	0.57	0.54	0.60	0.57
천공_시간		-S_12	-L_12	-C_12	+S_12	+L_12
RS	Avg.	1747	960	1782	3533	1233
	Avg/Max	0.32	0.25	0.29	0.46	0.29
GL	Avg.	151	63	110	278	71
	Avg/Max	0.64	0.53	0.58	0.61	0.58
천공_시간		-S_15	-L_15	-C_15	+S_15	+L_15
RS	Avg.	800	821	867	1706	954
	Avg/Max	0.25	0.22	0.21	0.33	0.24
GL	Avg.	120	107	95	179	112
	Avg/Max	0.59	0.55	0.58	0.58	0.55

3.3 광센서와 작업면 조도의 관계

광센서 조광제어시스템의 제어기울기는 광센서 시그널과 작업면 조도의 비율이다. 제어기울기는 작업면 조도의 위치에 따라 변화한다. 표 4는 춘분 오전 9시와 오후 12시의 창면으로부터 거리에 따른 광센서와 작업면 조도 비율(제어기울기)의 변화를 나타낸다.

표 4. 거리에 따른 제어기울기의 변화
Table 4. Change of Control Slope by Distance



*. \bullet -S \blacksquare +S \blacktriangle -C \times +H \ast -I

RS_Ctrl의 경우 창면으로부터 1m 이상인 경우 천공의 구분없이 고른 것으로 사료되나, 창면에 가까울수록 거리에 따른 제어기울기의 차는 큰 것으로 나타났다. GL의 경우 RS_Ctrl에 비하여 시간과 거리에 따른 제어기울기의 차이가 적은 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구는 광센서 조광제어시스템과 통합을 위한 새로운 차양시스템으로 복층유리 내 격자형 루버를 삽입한 복층유리 격자루버시스템을 제안하였다. 직사일광의 실내 유입을 제한하는 단면의 형상과 루버의 간격을 산출하였고, 이 시스템의 성능평가를 위해, 기존의 롤러셰이딩시스템과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 주광유입 비율분포, 평균주광유입량, 균제도와 거리에 따른 광센서와 작업면 조도의 비율(제어기울기)을 비교하였다.

복층유리 내 공간이 12mm이고, 루버의 간격은 약 6.6mm일 때, 천공과 시간에 관계 없이 직사일광의 실내유입을 차단하는 것으로 산출되었다. 주광유입비율분포의 경우 복층유리 격자루버시스템은 주광의 급격한 변화 없이 실내로 고른 주광을 유입하였다. 또한, 균제도는 일영각에 의해 높이가 제어된 롤러셰이딩시스템과 비교하여 약 2배 이상으로 고른 주광분포를 나타냈다. 그러나 주광유입량의 경우, 일영각에 의해 높이가 제어된 롤러셰이딩시스템에 비하여 낮은 것으로 나타났다. 거리에 따른 제어기울기의 변화는 복층유리 격자루버시스템이 변화의 폭이 낮아, 소규모 사무소 건축물의 경우, 천공상태를 구분하는 센서를 배제할 수 있어, 시스템의 단순화를 이워 적용성 및 경제성이 높을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구 저자의 일부는 2단계 「BK21 사업」의 장학금 지원을 받았음.

참고 문헌

- [1] B. Park, et al., "Characteristics of Daylight Distributions in Different Shading Systems for Daylight Responsive Dimming System Performance", 7th International Conference on Sustainable Energy Technologies, Vol. 2, pp 1815~1822, 2008.
- [2] IEA. IEA Energy Efficiency Policy Recommendations to the G8 2007 Summit, Helligendamm, 2007
- [3] Francis Allard & Mirela Robitu, European Energy Performance of Buildings Directive at EPIC 2006 AIVC Conference, Lyon, 20-22 November 2006. EPBD Buildings Platform. EU.
- [4] 김지연 외, "초고층건물의 조명에너지 절약을 위한 BIPV 적용에 관한 연구", 한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, p124-130, 2007. 4
- [5] E.Lee, et al., The New York Times Headquarters Daylighting Mockup: Monitored Performance of the Daylighting Control System, Energy and Buildings, Vol. 38, Issue 7, pp 914~ 929. 2006.
- [6] 박병철 외, 천공종류 및 롤러셰이드의 제어된 높이에 따른 주광분포 특성에 관한 연구, 한국조명전기설비학회, Vol 23(2), pp 18~26, 2009