

소규모 사무실 공간에서 광선반 디자인 형태에 따른 디밍 시스템 제어효과

정성권¹ · 문진우² · 김수영³

¹요르단 과학기술대학교 건축학과, ²중앙대학교 건축학부, ³연세대학교 실내건축학과

Control Effect of Daylight Dimming System for Lightshelf Configurations in a Small Office Space

Sung-Kwon Jung¹, Jin Woo Moon² and Sooyoung Kim³

¹Department of Architecture, Jordan University of Science Technology, Irbid, Jordan

²School of Architecture & Building Science, Chung-Ang University, Seoul, Korea

³Department of Interior Architecture & Built Environment, Yonsei University, Seoul, Korea

Abstract : This study examines control performance of daylight dimming systems for lightshelf conditions applied to a small office space. Computer simulations using Lightscape software was performed for lightshelf and photosensor configurations through a year under various daylight conditions. Results imply that dimming controls for the space with lightshelves in June under clear sky was superior to those without lightshelves. In December, the dimming control failed to keep target illuminance. Under overcast sky, the dimming control was not successful to save lighting energy due to insufficient daylight. Photosensors with noshielding kept the lighting control effective. Strong linear relationships existed between desktop and photosensor illuminance under all daylight and lightshelf conditions. Effective lighting energy savings was achieved under clear and partly cloudy sky conditions and insignificant difference was noticed between them. Clear sky achieved minimum 50% of lighting energy savings, but overcast sky achieved at least 25.6% due to insufficient daylight.

Key words : Control performance, Daylight dimming system, Lightshelf, Office space, Photosensor, Sky, Lighting energy

1. 서 론

사무소 공간에서 실내 조명환경은 전기조명 기기에 의하여 일반적으로 유지되며 이에 따른 에너지 소비가 수반된다. 또한, 공간에 전전체적으로 균등한 조도가 유지되도록 조명설계가 이루어 진다. 이러한 균등한 조도분포는 공간 사용자에게 감성적인 측면에서 긍정적인 효과를 초래하지는 않는 것으로 알려져 있다 (Foster & Oreszczyn, 2002; Inoue, Kswase, & Matsuo, 1998).

전기조명에 의하여 유지되는 균등한 조도분포로 인하여 발생하는 단조로운 조명환경을 개선하기 위하여,

주광(daylight)을 효과적으로 실내로 유입하는 방안이 건축 디자인에 반영된다. 외부에서 실내로 유입되는 주광의 분포는 창호의 디자인에 따라 다양하게 변화되어 실내 조도의 변화를 초래한다. 건물의 입면 디자인에 따라 변화되는 실내에서의 주광 분포는 창가 주변에 집중되므로, 창으로부터 이격거리가 먼 부근에서 주광은 효율적으로 활용되지 않는다. 이러한 현상은 실의 깊이가 깊은 형태로 설계되는 공간의 경우에 더욱 심각하게 나타난다.

이에 대한 대안으로 창가에 채광창 또는 광선반(lightshelf)을 적용하여 유입되는 주광을 창으로부터 멀리 이격된 위치에서 효과적으로 활용하는 방안이 적용될 수 있다. 입면 디자인에 적용된 채광창, 광선반 등과 같은 차양장치(shading device)는 주광의 활용에 효과적으로 기여하는 것으로 알려져 있다 (Freewan, Shao, & Riffat, 2004; Sanati & Utzinger, 2013) 또한,

교신저자: 김수영 (우 03722) 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 실내건축학과
전화번호 : +82-2-2123-3142
E-mail : sooyoung@yonsei.ac.kr

광선반이 적용되는 경우 실내에서 주광 분포는 변화될 수 있으며, 이는 전기 조명이 주광과 연계되어 제어되는 경우 조명 제어에 잠재적인 영향요소로 작용한다.

따라서, 광선반이 적용되는 경우, 주광과 연계된 전기조명에 대한 효과적인 제어방안이 검토되어야 한다. 본 연구에서는 소규모 사무실에 광선반이 적용되어 전기조명이 조광제어 (daylight dimming control) 시스템에 의하여 운용되는 경우, 전기조명에 대한 제어방안이 분석된다. 다양하게 변화되는 천공 및 주광조건에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션이 실시되었다.

2. 컴퓨터 시뮬레이션 및 주광조건

본 연구에서는 광선반에 의한 실내의 주광조도 변화 및 조명제어 효과의 분석을 위하여 라이트스케이프 (Lightscape)가 컴퓨터 시뮬레이션 (simulation)에 사용되었다. 라이트스케이프는 주광예측에 효과적으로 활용되는 컴퓨터 시뮬레이션 소프트웨어 (software)이다. 다양한 천공조건에서 주광에 의한 조도와 실내에 설치된 조명기기에 의한 조도를 계산하는 라이트스케이프의 수식계산 알고리즘 (algorithm)에는 광선추적기법 (Raytracing) 및 레디아서터 (Radiosity) 이론이 적용된다.

두 종류의 알고리즘에 근거하여 계산된 조도에 대한 정확성 및 제한점은 기존의 연구에서도 고찰되었으며, 두 알고리즘에 의하여 예측된 조도에 근거된 조명제어 시스템의 효과도 검증되었다. (Tsangrassoulis & Bourdakis, 2003; Acosta, Javarro, Sendra, & Esquivias, 2012).

본 연구에서 컴퓨터 시뮬레이션에 사용된 공간은 소규모 사무실이며, 공간의 폭, 깊이, 높이는 각각 5 m, 10 m, 3 m 이다. 공간에 대한 세부적인 조건은 Figure 1에 나타나 있다. 공간의 정남향면에 창문이 설치되었으며, 창문의 폭과 높이는 각각 4.4 m, 2.2 m 이다. 창문은 바닥면에서 0.8 m 이격되어 설치되었다. 사무실 공간은 서울시 (위도: 37.10° N 경도: 126.58° N)에 위치하는 것으로 시뮬레이션에 가정되었다.

실내 주광조도 변화에 대한 광선반의 영향을 고려하기 위하여, 3개의 광선반 조건이 설정되었다. 광선반이 설치되지 않는 기본조건(대안 #1), 각기 다른 두 개 형태의 광선반이 적용된 조건(대안 #2, 대안 #3)이 고려되었다.

창가에 설치된 광선반 및 창호의 세부 형태는 Figure 2에 나타나 있다. 평면상에서 광선반은 창문의 상부 부분에 위치하며, 단면상으로 천정으로부터 0.8 m

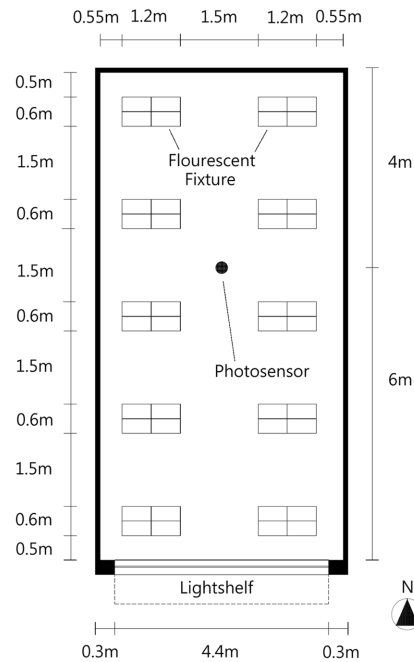


Figure 1. Layout of space.

지점에 1차 광선반이 설치되었다. 유입된 주광은 실내에 위치한 2차 광선반에 의하여 공간의 뒷면으로 반사되었다. 광선반이 설치된 지점의 하부 부분의 유리면에는 블라인드(Venetian Blind)가 설치되었다. 블라인드 슬랫의 간격은 2.54 cm (1 inch)이며, 수평으로 유지되는 것으로 가정되었다.

광선반이 설치되지 않은 경우(대안 #1), 창문 전체 부분에 블라인드(Venetian Blind)가 설치되었다. 블라인드 슬랫의 간격과 설치각도는 광선반이 적용된 경우의 조건과 동일하였다.

실내 공간의 천장, 벽 및 바닥표면 반사율은 조명연구에서 일반적으로 적용되는 값인 0.8, 0.5, 0.2로 각각 설정되었다. 창문에 설치된 유리의 빛에 대한 투과율은 0.7로 가정되어 시뮬레이션에 적용되었다. 블라인드 슬랫과 광선반 표면의 빛 반사율은 0.9로 가정되었다.

설정된 대상공간의 조명환경은 형광조명기기에 의하여 유지되었다. 사무실공간에 일반적으로 적용되는 천장 매립형 형광 조명기기가 사용되었다. 조명기기의 세부적인 형태는 Figure 3에 나타나 있다. 조명기기는 가로 1.2 m, 세로 0.6 m이며, T8 형광램프(램프직경 2.54 cm) 2개가 적용되었다.

눈부심 예방을 위하여 깊이 7.5 cm의 포물선 (parabolic) 형태의 루버가 램프 아래에 설치되었으며,

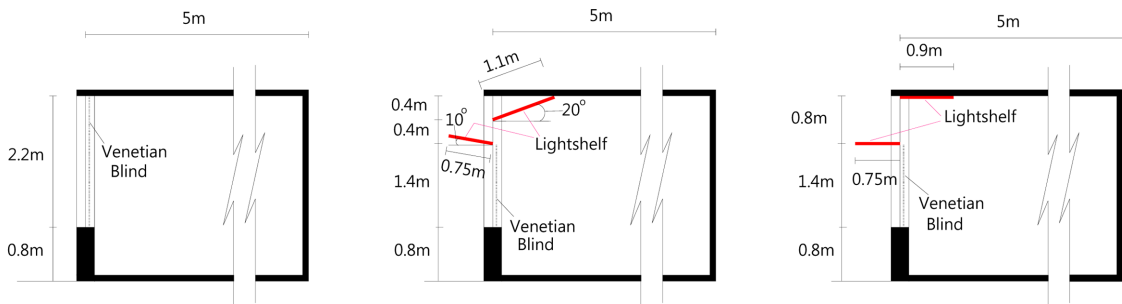


Figure 2. Configuration of lightshelf (Left: Alt. #1, Center: Alt. #2, Right: Alt. #3).

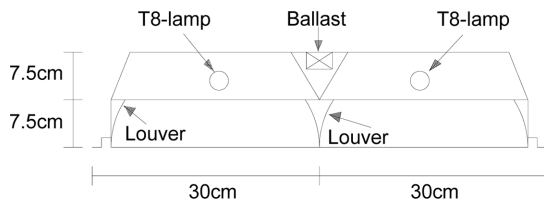


Figure 3. Section of fluorescent fixture.

루버로 구성된 셀(cell)의 크기는 가로 40 cm, 세로 30 cm 이다. 공간에 설정된 책상면의 목표조도는 750 lx 이며 이를 충족하기 위하여, 형광조명기기 10개가 Figure 1 에 명시된 바와 같이 설치되었다.

광선반에서 반사되어 실내로 유입되는 주광에 의한 조명제어 효과를 분석하기 위하여 조광제어(daylight dimming control) 시스템이 적용되어 조명기기를 제어 하는 것으로 가정되었다. 이 제어 시스템은 조도를 감지하는 포토센서(photosensor), 조명기기의 디밍(dimming)정도를 조정하는 제어기(controller)로 구성

된다. 또한 조명기기에는 디밍안정기(dimming ballast)가 적용되어 최종적으로 조명기기 출력양이 제어된다.

조광제어 시스템이 적용되는 경우 1차적으로 포토 센서에서 감지되는 빛의 영향이 전체적인 디밍 시스템에 중요하게 작용하다. 본 연구에서는 조명제어에 대한 광선반의 영향을 분석하기 위하여 포토센서에 3가지 차단조건이 적용되었다. 적용된 차단 조건은 Figure 4 에 나타나 있다.

차단조건이 적용된 3개의 포토센서는 공간의 남쪽과 북쪽의 중심선을 따라 창문으로부터 6 m 이격된 지점의 천장에 설치되었다. 센서의 설치위치는 Figure 1에 나타나 있다.

포토센서에서 감지된 빛의 양에 따라 조명기기의 디밍정도를 제어하는 제어기의 조명제어 알고리즘은 Table 1 에 요약되어 있다. 책상면에서 감지되는 주광조도가 35 lx 미만인 경우 조명기기의 출력량은 100%로 유지된다.

책상면에서 감지되는 주광조도가 395 lx 를 초과하

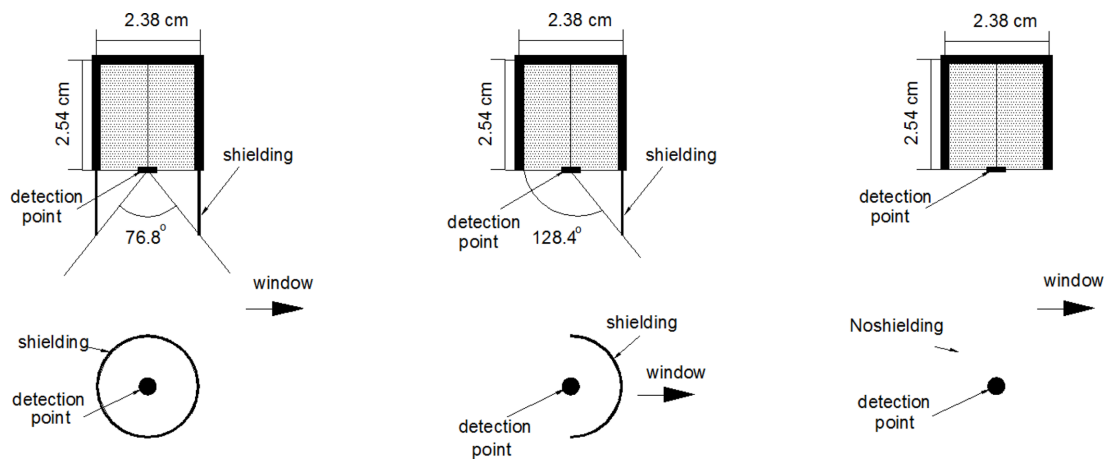


Figure 4. Shielding conditions for photosensor (Left: Full shield, Center: Partial shield, Right: Noshield).

Table 1. Dimming Control Setting for Lighting Fixture

Condition	Dimming Setting
DI < 35	LO=100
35 ≤ DI ≤ 395	LO=-0.2568*DI +100.53
DI > 395	LO=10

where,

- DI: Desktop Illuminance [lx]
- LO: Light Output [%]

Table 2. Daylight Conditions

Day	Time	Orientation	Sky
3/21			Clear
6/21	08:00-17:00	South	Partly cloudy
12/21			Overcast

는 경우 조명기기의 출력량은 10%로 제어된다. 책상면의 주광조도가 35 lx와 395 lx 사이에서 변화하는 경우, 조명기기의 출력량은 선형으로 제어되는 것으로 설정되었다.

가장된 공간, 조명 및 조명제어 시스템의 조건에 대하여 다양한 천공(sky)조건이 적용되어 컴퓨터 시뮬레이션이 진행되었다. 적용된 주광조건은 Table 2에 명시되어 있다.

대표적인 천공조건인 청천공(clear sky), 부분 담천공(partly cloudy), 담천공(overcast)이 적용되었으며, 조명연구에서 연중 대표일로 활용되는 3월 21일, 6월 21일 및 12월 21일이 설정되었다. 각각의 천공조건별 설정된 각 날자에 대하여 오전 8시부터 오후 5시까지 1 시간별로 각 시간대에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션이 실시되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 천공 조건별 조명 제어 효과

설정된 천공조건 및 광선반 조건에 따라 변화되는 주광조건에 대하여 실시된 시뮬레이션에 의하여 분석된 조명제어 효과는 Figure 5 ~ Figure 7에 나타나 있다.

조명제어 효과의 분석을 위하여, 시뮬레이션 조건에서 설정된 목표조도인 750 lx가 충족되는 조건이 최적조건으로 설정되었다. 최적조건은 책상면의 주광조도가 변화되는 경우 목표조도를 충족하기 위하여 출력되는 조명출력량으로 결정되었으며, 이는 그래프에서 실선으로 명시되어 있다. 예를 들어, 책상면의 주광조도

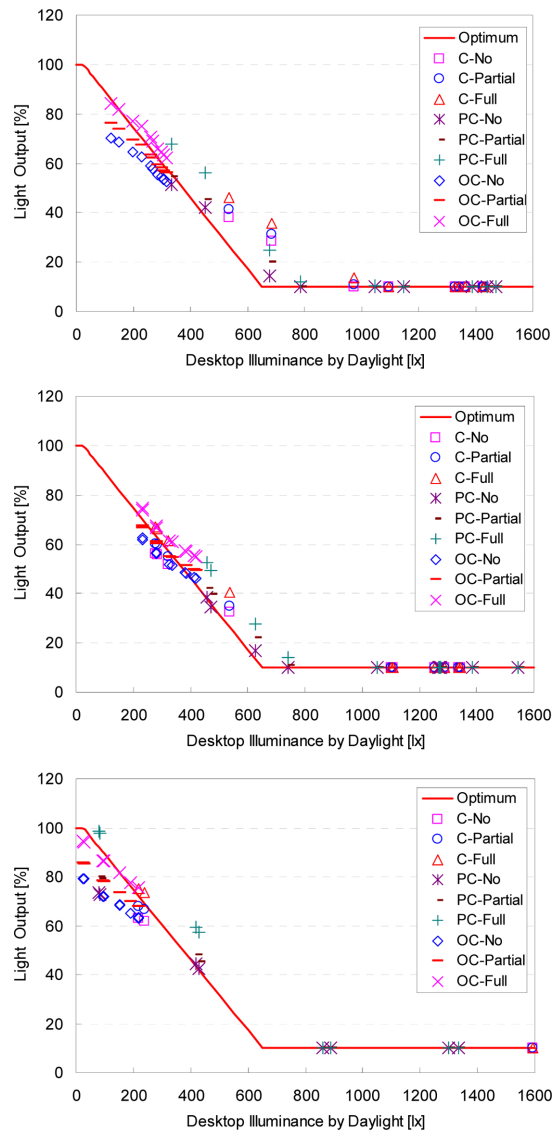


Figure 5. Control performance for design alternative #1 (Top: Mar/21, Middle: Jun/21, Bottom: Dec/21).

가 450 lx인 경우, 전기조명기기의 출력량이 38.80%가 유지되면 목표조도가 충족된다.

그래프에 나타난 각 데이터는 설정된 천공조건과 포토센서 조건에서 발생된 조명제어 효과를 나타낸다. 조명기기의 출력량이 70%인 경우 제어 시스템에 의한 디밍량은 30%로 유지되는 것을 의미한다. 이러한 경우, 데이터 점이 최적조건을 나타내는 실선위에 또는 실선에 매우 근접하고 있다면 디밍 제어시스템은 효과적으로 작용한 것으로 결정된다.

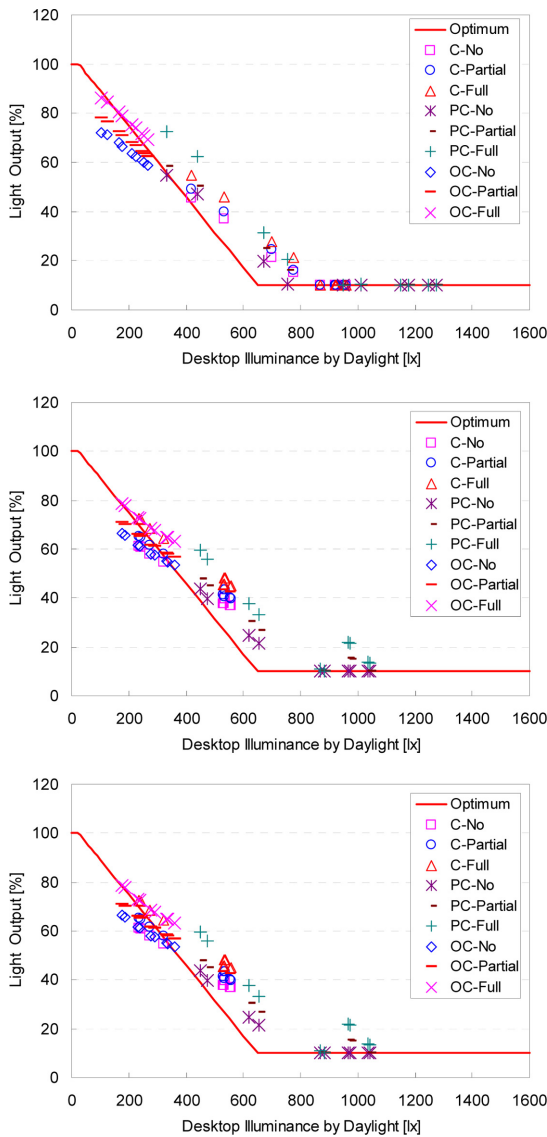


Figure 6. Control performance for design alternative #2 (Top: Mar/21, Middle: June/21, Bottom: Dec/21).

조명제어 효과는 천공조건, 계절 및 포토센서 조건에 따라 변화되었다. 고려된 모든 광선반 대안에 대하여 조명제어 효과는 6월에 우수한 것으로 나타났다. 담천공(overcast sky) 조건에 적용된 포토센서의 차단 조건별 차이는 심각하게 나타나지 않은 것으로 분석되었다. 완전차단(Full Shielding)조건의 경우, 차단조건이 적용되지 않은 조건(No Shielding)의 경우에 비교하여 높은 출력량을 보이고 있는 것으로 나타났다.

태양고도가 년중 가장 높은 6월의 경우, 천공조건별

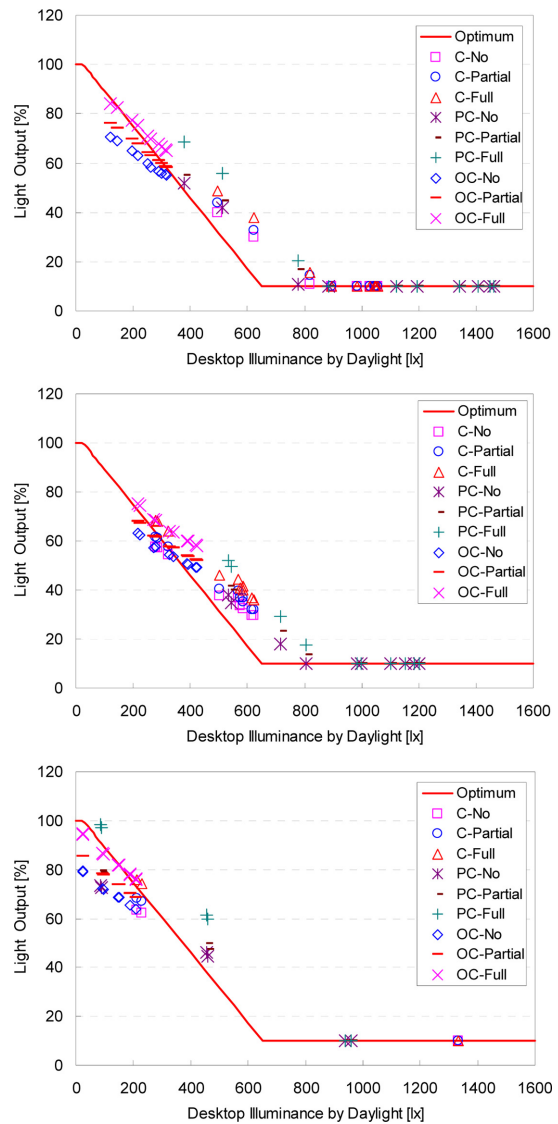


Figure 7. Control performance for design alternative #3 (Top: Mar/21, Middle: June/21, Bottom: Dec/21).

발생되는 제어효과는 유사한 것으로 분석되었다. 차단 조건이 적용되지 않은 경우, 제어효과가 가장 우수하게 유지된 것으로 분석되어 기존의 연구결과와는 다른 경향을 보이고 있다 (Kim, & Song, 2007; Mistrick & Thongtipaya, 2002). 또한, 청천공 및 부분 담천공 조건에서 완전차단 조건이 적용된 경우에도 과도한 조명출력량이 발생되지 않아 목표조도는 효과적으로 유지되었다.

본 연구에서 고려된 조건 중 3월의 경우에 6월과 비교하여 조명출력량이 높은 것으로 나타났다. 담천공

조건의 경우, 조명출력량은 최적조건에 근접하였으나, 조명 에너지 절약효과가 우수한 디밍제어는 이루어지지 않고 있는 것으로 분석된다. 완전 차단 조건이 적용된 경우 과도한 조명 출력량이 유지되어 디밍 효과는 다른 조건에 비교하여 상대적으로 낮은 것으로 분석된다. 부분 담천공 조건에서 고려된 세 가지 차단조건 모두 우수한 디밍제어 효과를 보이고 있다.

연중 태양고도가 가장 낮은 12월의 경우 디밍 제어 효과는 다른 월별 조건에 비교하여 상대적으로 우수하지 않은 것으로 분석되었다. 부분 담천공 조건에서 효과적인 디밍 제어가 이루어 졌으나, 3월 및 6월의 경우에 비교하여 에너지 절약효과는 미흡한 것으로 분석되었다. 특히, 담천공 조건에서 높은 출력양이 발생되어 디밍 효과는 미흡한 것으로 분석된다. 또한, 완전차단 조건이외의 경우 목표조도가 유지 되지 않은 것으로 분석된다.

태양고도가 가장 높은 6월의 청천공 조건에서 광선 반 디자인 대안 #2와 #3이 적용되는 경우, 조명제어 효과는 광선반이 적용되지 않은 조건에 비교하여 우수한 것으로 발생되었다. 그러나, 태양고도가 감소되는 3월 및 태양고도가 가장 낮은 12월의 경우, 광선반 적용

에 따른 조명제어 효과는 유사한 것으로 분석되었다. 따라서, 광선반이 적용되는 경우, 태양고도 및 천공조건의 변화에 대한 신중한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

3.2. 주광조도 상관성 분석

실내로 유입되는 주광은 실내 표면에 도달하여 각 표면사이에 반사과정을 거쳐 안정화된 후, 각 표면에서 최종적인 조도값이 유지된다. 유입되는 주광의 분포는 차양장치의 적용조건에 따라 변화하며, 실내 표면의 상호작용에 따라 영향을 받는다. 특히, 조명제어 시스템이 설치되는 경우, 포토센서에서 감지되는 빛의 변화는 책상면의 조도분포에 직접적인 영향을 주는 인자이다.

따라서, 본 연구에서는 책상면과 포토센서에서 감지되는 주광의 변화에 대한 상관성 분석이 실시되었다. Figure 1 과 Figure 4에 명시된 포토센서와 창으로부터 5 m 이격된 지점의 책상면 조도의 변화분포가 상관성 분석에 적용되었다.

상관성은 선형회귀(linear regression) 분석 이론에 따라 실시되었다. 책상면의 주광조도가 독립변수로 설

Table 3. ANOVA for Relationship between Desktop and Photosensor Illuminance by Daylight

Light-shelf	Shielding	Variable	Unstandardized Coefficient		t	Sig.	ANOVA		r ²
			B	Std. error			F test	Sig.	
Alt. #1	No	Constant	-41.77	16.01	-2.60	0.00	F(1,84) = 1205.09	0.00	0.934
		Slope	0.567	0.016	34.71	0.00			
	Partial	Constant	-31.71	18.71	-1.69	0.01	F(1,84) = 721.71	0.00	0.895
		Slope	0.513	0.019	26.86	0.00			
	Full	Constant	-30.22	19.33	-1.56	0.12	F(1,84) = 650.3	0.00	0.884
		Slope	0.503	0.02	25.50	0.00			
Alt. #2	No	Constant	-65.01	13.30	-4.88	0.00	F(1,84) = 1256.96	0.00	0.937
		Slope	0.643	0.018	35.45	0.00			
	Partial	Constant	-48.96	15.97	-3.06	0.00	F(1,84) = 701.69	0.00	0.892
		Slope	0.576	0.022	26.48	0.00			
	Full	Constant	-48.08	16.15	-2.97	0.00	F(1,84) = 667.64	0.00	0.887
		Slope	0.568	0.022	25.83	0.00			
Alt. #3	No	Constant	-44.74	9.21	-4.85	0.00	F(1,81) = 2366.35	0.00	0.967
		Slope	0.576	0.012	48.64	0.00			
	Partial	Constant	-23.91	12.33	-1.93	0.05	F(1,81) = 1013.18	0.00	0.926
		Slope	0.504	0.016	31.83	0.00			
	Full	Constant	-22.98	13.19	-1.74	0.08	F(1,81) = 853.69	0.00	0.913
		Slope	0.495	0.017	29.21	0.00			

정되었고, 포토센서의 주광조도는 종속변수로 설정되었다. 선형회귀 분석에서 제시되는 모델식을 검증하기 위하여, 통계이론에 근거한 변수 분석방법(ANOVA: ANalysis Of VArable)이 적용되었다. 분석되는 모델식의 검증을 위한 신뢰도(significance level)는 0.01로 설정되었다.

모든 천공조건에서 광선반 대안별 분석된 상관성 및 이에 대한 검증 결과는 Table 3에 요약되어 있다. 또한, 부분 차단(Partial Shielding) 조건이 적용된 경우 상관성 분포의 예는 Figure 8에 나타나 있다.

선형회귀 분석에 설정된 두 변수 사이의 선형 상관성(linear correlation)은 높은 것으로 분석되었다. 예측 모델식에서 두 변수사이의 상관성을 나타내는 결정계수(coefficient of determination : r^2)는 최저 0.884에서 최고 0.967로 변화되었다. 이는 책상면의 주광조도 변화를 이용해서 포토센서의 주광조도 변화를 예측하는

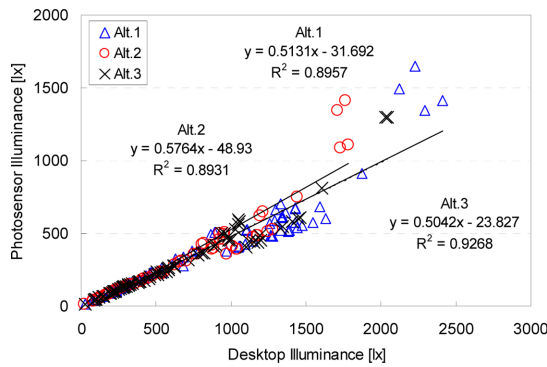


Figure 8. Relationship between desktop and partially-shielded photosensor illuminance by daylight.

경우, 포토센서의 주광조도에 대한 에러범위(error variation)는 최소 88.4% 에서 최대 96.7% 감소하는 것을 의미한다.

두 변수 사이의 상관성은 차단조건이 적용되지 않는 경우 가장 강한 것으로 분석되었으며, 완전차단 조건이 적용되는 경우 가장 약한 것으로 분석되었다. 광선반 디자인 대안 #3이 적용되는 경우, 모든 포토센서 조건에서 상관성은 가장 높게 나타났다. 디자인 대안 #1과 #2에서는 결정계수의 차이가 0.03으로 나타나, 상관성은 유사한 것으로 분석된다. 또한, 예측 모델식에 적용된 변수에 대한 신뢰도 및 모델식의 신뢰도는 0.00 으로 나타나 예측 모델식은 효과적으로 적용될 수 있는 것으로 분석되었다.

3.3. 조명 에너지 절약

본 연구에서는 광선반이 고려된 조건에서 조광제어 시스템이 적용된 경우, 다양한 천공 및 포토센서 조건에 대하여 전기조명 에너지의 절감량이 분석되었다. 에너지 절감량은 Table 4 에 요약되어 있다.

전반적으로 에너지 절감은 청천공 및 부분 담천공에서 효과적으로 이루어진 것으로 나타났으며 두 천공 조건에 따라 많은 차이는 보이지 않고 있는 것으로 분석된다. 청천공의 경우 최소 50%에서 최대 85%의 절감량이 유지되었다. 담천공의 경우 에너지 절감량은 완전 차단 조건이 적용된 경우 평균 25.6%로 나타났으며, 차단조건이 적용되지 않은 경우 37.36%로 분석되었다.

연중 태양고도가 가장 높은 6월의 청천공 조건을 제외한 모든 조건에서 조명에너지 절감량은 광선반 디자인 대안의 적용에 따라 영향을 받지 않은 것으로 분석

Table 4. Electric Lighting Energy Savings for Lightshelf Alternatives (unit: %)

Sky	Day	Full shielding			Partial shielding			No shielding		
		Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3	Alt. #1	Alt. #2	Alt. #3
Clear	3/21	83	79	83	85	81	84	85	82	85
	6/21	70	45	51	73	50	57	74	54	60
	12/21	77	76	77	79	78	78	80	79	79
Partly cloudy	3/21	78	75	79	81	79	81	82	81	83
	6/21	80	72	79	83	78	82	84	81	84
	12/21	63	61	62	69	67	68	71	69	70
Over cast	3/21	29	24	28	36	31	35	40	36	39
	6/21	37	30	35	43	37	42	47	41	45
	12/21	17	15	17	25	23	25	30	28	30

된다. 이는 태양고도가 높은 조건에서 광선반이 적용되는 경우 광선반은 오버행(overhang)으로 작용하여 실내로 유입되는 직사광선을 차단하여 발생된 결과로 판단된다. 또한, 태양고도가 높은 경우 보다는 태양고도가 낮은 경우, 조명에너지 절감적인 측면에서 효과적으로 작용한다는 점을 의미한다. 그러나, 이러한 경우 목표조도가 효과적으로 유지되는 여부에 대한 분석이 동시에 실시되어 조명제어에 대한 최종적인 판단이 이루어져야 한다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 광선반이 적용된 소규모 개인 사무실 공간에 대하여 다양한 천공 및 조광제어 시스템 조건에 따라 발생하는 조명제어 효과가 분석되었다. 연구결과의 요약은 다음과 같다.

1. 본 연구에서 고려된 광선반 대안에 따른 조명제어 효과는 태양고도가 연중 가장 높은 6월에 청천공 조건에서 광선반이 적용되는 경우, 광선반 조건이 적용되지 않은 조건에 비교하여 우수한 것으로 분석되었다. 태양고도가 낮아지는 12월의 경우 조명시스템은 효과적으로 제어되지 않는 것으로 나타났다. 답천공 조건의 경우, 실내로 유입되는 주광의 부족으로 인하여 조명제어 효과적으로 이루어지지 않았다. 포토센서에 차단조건이 적용되지 않은 조건에서 제어효과는 가장 우수하게 유지되었다.

2. 고려된 모든 조건에서 책상면과 포토센서에서 변화되는 주광 조도의 선형적인 상관성을 의미하는 결정계수는 최저 0.884에서 최고 0.972로 나타나, 두 변수 사이의 상관성은 높은 것으로 분석되었다. 특히, 차단조건이 적용되지 않은 센서조건에서 상관성은 가장 높았으며, 완전 차단 조건이 적용되는 경우 상관성은 가장 낮게 나타났다. 광선반 디자인 대안 #3의 경우 두 변수 사이의 상관성은 가장 높은 것으로 분석되었다.

3. 조명 에너지 절감은 청천공 및 부분 답천공 효과적으로 유지되었으며, 두 천공 조건에서 발생하는 에너지 절감량의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 청천공 조건의 경우 에너지 절감량은 최소 50%로 유지되었다. 답천공 조건의 경우, 유입되는 주광이 충분하지 않아 최소 25.6%의 조명 에너지 절감이 유지되었다.

본 연구에서 분석된 조명제어 효과는 제한된 주광조건 및 광선반 디자인 대안에 대하여 대표적인 천공조건이 적용된 이론적인 컴퓨터 시뮬레이션에 근거한다. 이론에 근거되어 설정된 제한된 천공조건이 적용되었

으며, 사용된 시뮬레이션 소프트웨어에 의한 이론적인 예측이 실시되었다.

따라서, 본 연구의 결과는 제한된 범위내에서 적용될 수 있다. 또한, 현장실험이 실시되지 않아 다양한 기후 조건에서 발생할 수 있는 실질적인 조건이 반영되지 않았다. 향후 연구에서 다양한 조건에서 실험과 시뮬레이션이 진행되어, 예측결과는 상호 비교 되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원을 받아 수행된 것임 (NRF-2014R1A2A1A11051162).

REFERENCES

- Acosta I., Javarro J., Sendra J., Esquivias, P.,(2012). Daylighting design with lightscoop skylights: Towards an optimization of proportion and spacing under overcast sky conditions, *Energy and Buildings*, 49, 394-401
- Foster M., & Oreszczyn T, (2002). Occupant control of passive systems: The use of Venetian blinds, *Building and Environment*, 36, 149-155
- Freewan A., Shao L, & Riffat S., (2008). Optimizing performance of lightshlef by modifying ceiling geometry in highly luminous climates, *Solar Energy*, 82, 343-353
- Inoue T.,Kswase T., & Matsuo Y, (1998). The development of an optimal control system for window shading devices based oninvestigations in office buildings, *ASHRAE Transactions*, 94, 1034-1049
- Kim, S., & Song, K. D. (2007). Determining photosensor conditions of a daylighting dimming control system using different double-skin envelope configurations, *Indoor and Built Environment*,16, 411-425
- Mistrick, R., & Thongtipaya, J. (2002). Analysis of daylight photocell placement and view in a small office, *Journal of IESNA*, Summer, 150-160
- Sanati L., & Utzinger M, (2013). The effect of window shading design on occupant use of blinds and electric lighting, *Building and Environment*, 64, 67-76
- Tsangrassoulis A., Bourdakis V.,(2003). Comparison of radiosity and ray-tracing techniques with a practical design procedure for the prediction of daylight levels in atria, *Renewable Energy*, 28, 2157-2162

투 고 일: 2017. 2. 2

게재승인일: 2017. 2. 24