

사무실 공간에서 광선반 적용조건에 따른 조명제어 시스템의 효율 분석

윤연주¹ · 문진우² · 김수영³

¹삼성물산 건설부문, ²중앙대학교 건축학부, ³연세대학교 실내건축학과

Analysis of Lighting Control System for Applications of Lightshelf Conditions to Office Space

Younju Yoon¹, Jin Woo Moon² and Sooyoung Kim³

¹Samsung C&T Corporation, Construction Technology Center, Seoul, Korea

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

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

Abstract : This study examines the influence of lightshelf configurations on photosensor-based lighting control in a narrow-shaped office space. Computer simulations were conducted for three options for window configurations including lightshelf under a variety of daylight conditions. Results indicate that daylight factors under lightshelves conditions were lower than that of the conditions without lightshelf, since the lightshelf functions as an overhang that blocked incoming daylight to workplanes. The amount of dimmed light for the case with and without lightshelf was approximately equal. The photosensor positioned 2 m away from window provided excessive dimming under all sky conditions and failed to provide a target illuminance. The photosensors at 5 m and 8 m away from the window were effective under clear and partly cloudy sky conditions. The control system generated excessive dimming under overcast sky and undershot the target illuminance. When lightshelves were used, the correlation between workplane illuminance and photosensor illuminance by daylight was stronger compared to the case of no lightshelf. At least, 67.8% of lighting energy savings on average was achieved by the lighting control system.

Key words : Lightshelf, Photosensor-based lighting control, Daylight factor, Dimming, Sky condition, Correlation, Lighting energy savings

1. 서 론

쾌적한 실내 환경 조성을 위하여 건축 계획 단계부터 공간구성에 대한 고려가 이루어 진다. 공간의 폭과 깊이의 비율변화에 따라 형성되는 다양한 형태의 공간에서 쾌적한 실내환경을 유지하기 위하여 소비되는 에너지 비용은 변화한다. 친환경 지향적인 건물을 위하여, 공간 구성시 공간의 깊이보다 폭이 넓은 조건으로 형성되는 것이 추천된다(US Green Building Council 2016). 이러한 조건으로 형성된 공간은 자연 환기 및

자연 채광등에 유리하게 작용하여 에너지 절감과 공간 사용자의 만족도 향상에 기여한다.

그러나, 건축계획은 대지의 조건에 따라 진행되므로, 공간의 폭에 비교하여 깊이가 상대적으로 깊은 조건으로 공간구성이 이루어 지는 경우가 발생된다. 이러한 경우, 쾌적한 실내환경 유지를 위한 에너지 비용은 증가하게 된다. 특히, 창문을 통하여 실내로 입사하는 주광(daylight)의 분포는 특정영역에 제한되므로, 주광이 실내 조명환경에 미치는 영향은 약화된다.

이러한 조건이 형성되는 경우, 주광을 실내에 활용하기 위한 대안으로 창호 시스템과 연계된 광선반(lightshelf) 시스템이 활용된다. 광선반이 적용되는 경우, 실내에서 효과적인 주광의 활용이 이루어 지는 것으로 알려져 있다 (Freewan, 2010; Xue, Mark &

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

Cheung, 2014).

광선반에 따른 효과적인 주광의 유입을 실내 조명환경에 연계하여 사용하는 방안으로 조광제어 시스템이 활용될 수 있다. 그러나, 광선반이 설치되는 경우, 창문을 통하여 유입되는 주광은 창문에서 천장면으로 1차적으로 반사된 후 실내 공간에 분포된다. 이는 조광제어 시스템(Photosensor-based dimming control system)이 적용되는 경우 천장면에 설치되는 포토센서(Photosensor)에 영향을 주어, 비효율적인 조명제어 효과를 초래한다.

따라서, 광선반 시스템과 조광제어 시스템의 효율적인 연계운용을 위하여 광선반이 적용되는 경우, 조광제어 시스템의 제어 효율은 평가될 필요성이 있다. 본 연구에서는 광선반이 적용된 사무소 공간조건에 대하여 다양한 천공조건에서 조광제어 시스템의 제어효과가 분석되었다. 연중 변화되는 주광조건에 대한 시스템의 제어 효과 분석을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션이 실시되었다.

2. 컴퓨터 시뮬레이션 및 조건

본 연구에서 실시된 컴퓨터 시뮬레이션에는 라이트스케이프(Lightscape)가 활용되었다. 이 소프트웨어(Software)는 조명환경 해석에 적용되는 광선추적기법(ray-tracing)과 광속전달법(radiosity) 기법의 계산 알고리즘(algorithm)을 활용하여 천공조건 및 건물조건에 따른 조도계산에 효율적으로 활용된다. 라이트스케이프 알고리즘에 적용된 장점 및 제한점은 기존의 연구에서 이론적으로 고찰되었다(Ashdown, 1994; Refro & Guglielmetti, 1999). 또한, 라이트스케이프는 기존의 연구에 적용되어 조명환경 분석에 효율적으로 활용되었다(Kim, 2005; Baik & Kim, 2014)

컴퓨터 시뮬레이션에 적용된 공간은 사무실이며, 폭과 깊이의 비율은 1:2로 가정되었다. 공간에 대한 세부사항은 Figure 1에 명시되어 있다. 공간의 폭과 깊이는 각각 5 m와 10 m이었으며, 높이는 3.0 m로 구성되었다. 대상공간은 서울(위도: 37.10° N 경도: 126.58° N)에 위치하는 것으로 설정되었다. 창문의 폭은 4.4 m이며, 창문의 바닥 부분은 공간의 바닥에서 0.8 m 이격되어 설치되었다. 창문은 남쪽으로 향한 것으로 가정되었다.

본 연구에서는 광선반의 영향을 고려하기 위하여, 광선반이 설치되지 않은 기본조건(Alternative #A)과 광선반이 설치된 두 개의 조건(Alternative #B & #C)

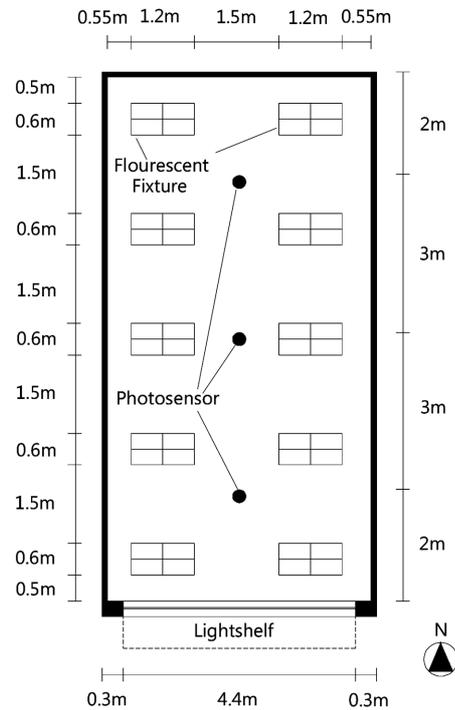


Figure 1. Layout of space

이 적용되었다. 광선반의 세부 적용 조건은 Figure 2에 명시되어 있다. 광선반은 창문이 설치된 상부 부분에 적용되었으며, 공간의 천장면으로 부터 0.8m 이격된 지점에 주된 반사면이 설치되었다.

광선반이 설치되지 않은 조건의 경우, 창문의 유리 부분 전체에 블라인드(Venetian blind)가 설치되었다. 블라인드 슬랫(slat)은 수평으로 유지되었으며, 각 슬랫의 간격은 2.54 cm로 유지되었다. 광선반이 설치된 경우, 광선반의 주된 반사면이 설치된 부분의 아래부터 창문의 최하단 범위까지 블라인드가 설치되었다. 블라인드 조건은 광선반이 설치되지 않은 조건과 동일하였다.

공간의 천장, 벽 및 바닥 표면의 반사율은 0.8, 0.5, 0.2로 가정되었으며, 창문에 적용된 유리의 빛에 대한 투과율은 0.7로 가정되었다. 블라인드 슬랫 및 광선반 표면의 반사율은 0.9 및 0.9로 설정되어 시뮬레이션에 적용되었다.

가정된 사무실 공간의 조명환경의 유지를 위하여 가로 1.2 m, 세로 0.6 m 인 천장 매립형태의 형광조명 기기가 적용되었다. 적용된 조명기기의 세부적인 형태는 Figure 3에 명시되어 있다. 각 조명기기에는 T8 형광램

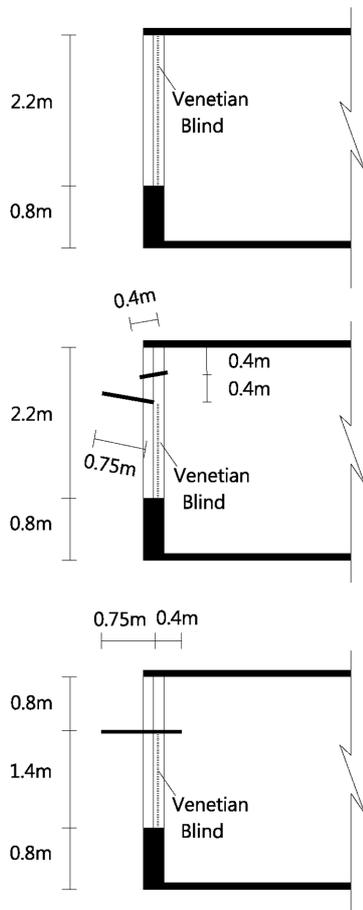


Figure 2. Configuration of lightshelf (Top: Alt. #A, Middle: Alt. #B, Bottom: Alt. #C).

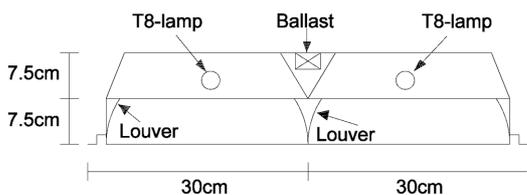


Figure 3. Section of fluorescent fixture.

프 2개가 적용되었으며, 깊이 7.5 cm의 포물선 형태(parabolic)의 루버가 설치되었다. 루버의 간격은 가로 40 cm, 세로 30 cm로 구성되었다. Figure 2에 나타난 바와 같이, 형광 조명기기 10개가 배치되어 바닥에서 2.5m 높이에 형성된 책상면의 표면에 목표조도 750 lx가 유지되는 조건으로 형성되었다.

주광과 연계된 전기조명 환경의 유지를 위하여,

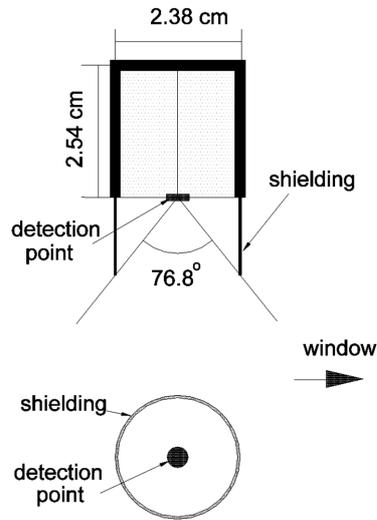


Figure 4. Photosensor configuration.

조광제어 시스템(photosensor-based dimming control system)이 적용되었다. 조광제어 시스템은 포토센서(photosensor), 제어기(controller), 조정기(dimming ballast) 등으로 구성된다. 포토센서에서 감지되는 빛은 시스템의 제어효과에 1차적으로 작용한다.

본 연구에서는 광선반에서 반사되어 천장면으로 입사하는 주광의 영향이 많을 것으로 가정하여 포토센서에 완전 차단(full-shielding)조건이 적용되었다. 센서에 적용된 차단조건은 Figure 4에 명시되어 있다. 차단 조건에 따라 포토센서는 신호감지 지점을 중심으로 76.8° 범위 이내에 분포하는 표면으로부터 센서로 유입되는 빛만을 감지하는 조건으로 설정되었다. 포토센서는 Figure 1에 명시된 바와 같이 공간의 남측과 북측을 연결하는 중심선을 따라 3개 지점의 천장에 배치되었다.

포토센서에서 감지되는 신호에 근거하여 최종적으로 조명기기의 디밍정도를 제어하는 조정기의 세팅조건은 Figure 5에 명시되어 있다. 설정된 책상면 목표조도 750 lx를 유지하기 위한 최적 조건으로 책상면의 주광조도가 35 lx 미만인 경우 조명기기에서 디밍은 이루어지지 않으며, 책상면의 주광조도가 395 lx 이상인 경우 최대 90% 디밍이 유지되는 것으로 가정되었다. 책상면 주광 조도범위가 35 lx 이상부터 395 lx 이하인 경우 조명기기의 디밍은 선형적으로 이루어지는 것으로 가정되었다.

설정된 사무실 공간 및 조명제어 조건에 대하여, 다

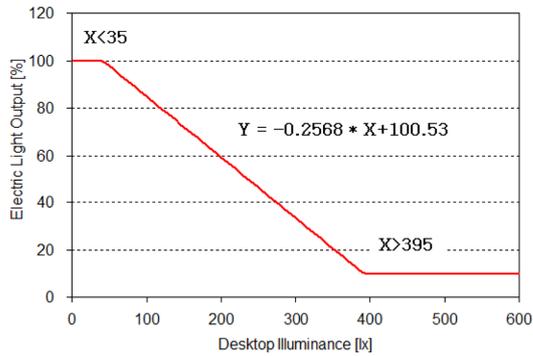


Figure 5. Dimming control setting.

Table 1. Daylight conditions

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

양한 주광조건에서 시뮬레이션이 실시되었다. 시뮬레이션에 적용된 주광 조건은 Table 1에 요약되어 있다. 연중 태양이 대표적인 지점에 위치하는 조건인 3월, 6월, 12월의 각 21일에 대하여 8시부터 17시까지 한 시간 간격으로 시뮬레이션이 진행되었다. 각 일별 시간별 조건에 대하여 대표 천공(sky)조건인 청천공(clear sky), 부분 담천공(partly cloudy sky) 및 담천공(overcast sky) 조건이 적용되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 주광효율

본 연구에서는 설정된 각 시뮬레이션 조건에 대하여 실내공간 외부의 지표면에서 전반 주광 조도 (outdoor global illuminance), 책상표면의 주광조도 및 포토센서에서 감지되는 주광조도가 계산되었다. 주광의 실내 활용정도에 대한 분석을 위하여, 야외 전반 주광조도에 대한 책상표면에서 감지되는 주광조도의 비율인 주광율(daylight factor)가 산정되었다.

주광율은 유리표면에서 부터 2 m, 5 m, 8 m 이격된 지점의 책상면 조도에 대하여 시뮬레이션에 적용된 모든 천공 조건에서 산정되었다. 계산된 모든 주광인자 중에서, 청천공 조건에서 몇 가지 경우에 대한 주광인자의 변화 분포 예는 Figure 6과 Figure 7에 나타나 있다.

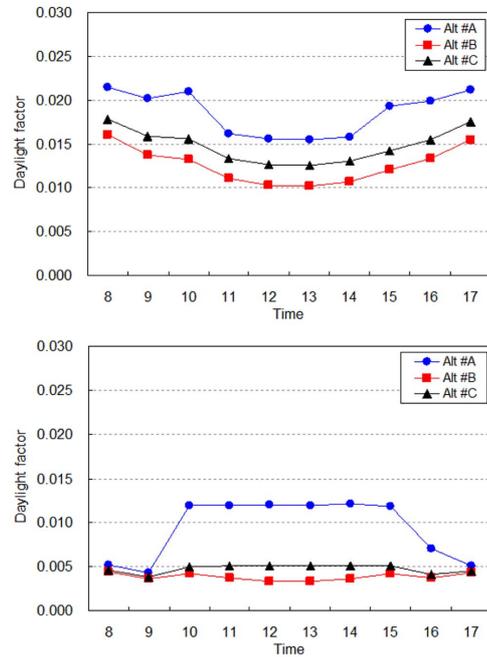


Figure 6. Daylight factor (Clear sky, Desk 5m, Top: March/21, Bottom: June/21).

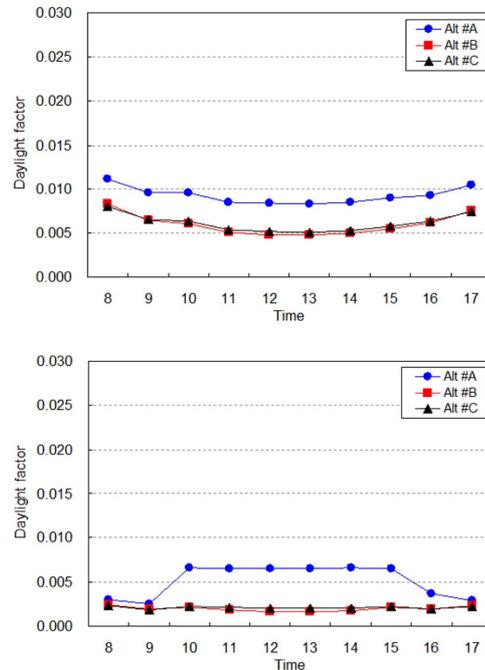


Figure 7. Daylight factor (Clear sky, Desk 8m, Top: March/21, Bottom: June/2)

전반적으로 주광율은 6월에 비교하여 3월에 상대적으로 높은 분포를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 주광율의 변화범위는 3월의 경우, 5 m 지점에서 0.0225~0.0435, 8 m 지점에서 0.0048~0.0112 로 나타났다. 또한, 6월의 경우 5 m 지점에서 0.0034~0.0121, 8 m 지점에서 0.0016~0.0066 범위로 변화되었다. 이는 시물레이션이 실시된 해당 지역에서 태양고도는 3월의 경우 17.3°~51.3° 범위로 변화되며, 6월의 경우 상대적으로 높은 범위인 31.4°~74.6°로 변화되므로, 태양입사각의 변화로 인하여 발생된 것으로 판단된다. 상대적으로 낮은 입사각 조건으로 유입되는 경우 주광율이 높은 것으로 나타났다.

광선반 조건이 적용되는 경우, 5 m 및 8 m 지점에서 나타난 주광인자는 광선반이 적용되지 않은 조건에 비교하여 낮은 것으로 나타났다. 이는 광선반은 실내로의 주광유입에는 효과를 미치지 않지만, 광선반이 오버행(overhang) 형태의 차양장치(shading device)로 작용하여 발생된 것으로 판단된다. 따라서, 실내주광 조도 향상을 위하여 광선반을 적용하는 경우, 광선반으로 인하여 발생하는 차양 조건에 대한 적절한 고려가 필요하다.

3.2. 조명 제어 효과

본 연구에서 가정된 시물레이션 조건에 대하여, 광선반 적용시 발생하는 천공조건별 조명제어 시스템의 디밍(dimming) 결과는 Figure 8~Figure 10에 나타나 있다. 각 그래프에서 명시된 데이터 포인트(data point) 각 조건별 발생하는 조명기기의 출력량을 의미한다. 이는 조명기기가 제어되지 않는 경우 유지되는 100% 조명 출력량과 조명기기가 제어되는 경우 유지되는 디밍양 사이의 차이값을 의미한다. 예를 들어, 조명 출력량이 40%인 경우, 60%의 디밍이 발생되며 조명 에너지는 40%만이 소비되는 것을 의미한다.

그래프에 실선으로 명시된 최적선(optimum line)은 본 연구에서 가정된 책상면 목표조도 750 lx를 유지하기 위하여 필요한 조명출력량을 의미한다. 이는 책상면에서 감지된 주광(daylight) 조도에 기초하여 산정되었다.

청천공(clear sky)조건에서 3월21일에 포토센서가 2 m 지점에 설치된 경우 모든 광선반 조건에 대한 디밍효과는 성공적이지 않은 것으로 분석된다. 과도한 디밍이 발생되어, 목표조도 보다 부족한 조도가 유지된 것으로 나타났다. 센서가 5 m 지점에 설치된 경우, 적용된 광선반 조건에서 목표조도 유지에 필요한 조도

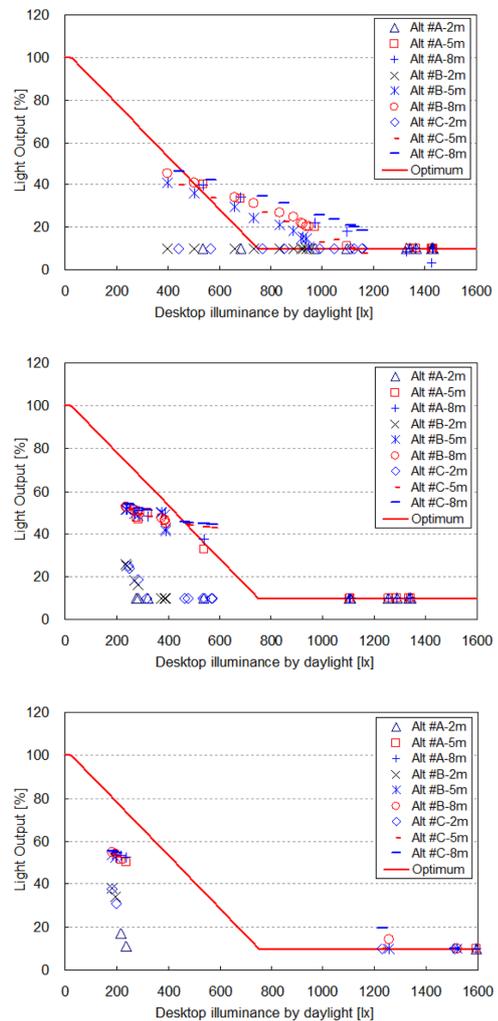


Figure 8. Dimming system performance under clear sky (Top: Mar/21, Middle: June/21, Bottom: Dec/21).

보다 높은 조도가 형성된 것으로 분석된다.

광선반이 적용되지 않은 경우(Alt. #A)의 경우 조명 출력량이 가장 낮았으며, 다른 두 개의 대안 조건(Alt. #B, Alt. #C)에서는 조명 출력량은 유사한 것으로 나타났다. 광선반 대안 #B의 경우, 디밍량이 더욱 많아 조명 에너지 절약적인 측면에서 광선반 디자인 대안 #A에 비교하여 상대적으로 효과적인 것으로 분석된다.

태양 고도가 높아지는 6월에, 포토센서가 2 m 지점에 설치된 경우 과도한 디밍이 발생되어 목표조도 보다 낮은 조도가 유지된 것으로 나타났다. 몇몇 데이터의 경우를 제외하면, 3월의 경우에 비교하여 광선반

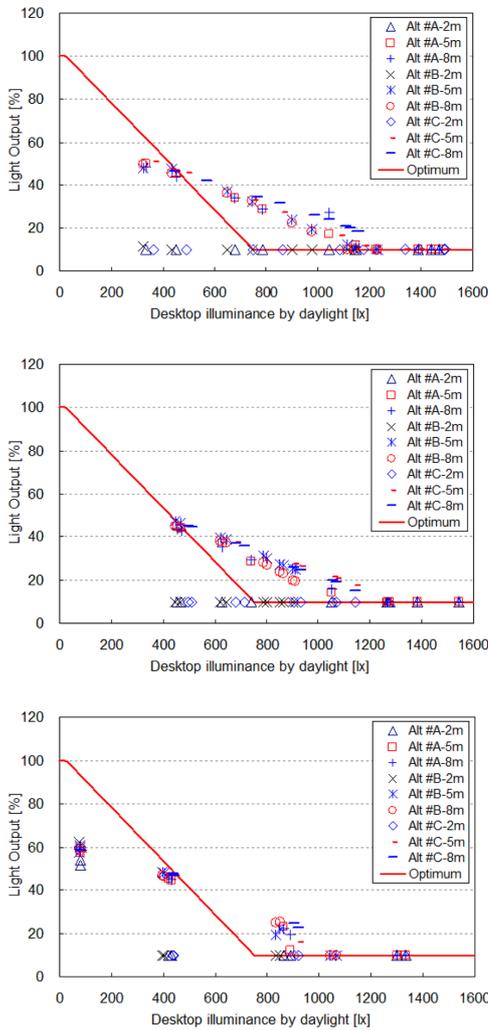


Figure 9. Dimming system performance under partly cloudy sky (Top: Mar/21, Middle: June/21, Bottom: Dec/21).

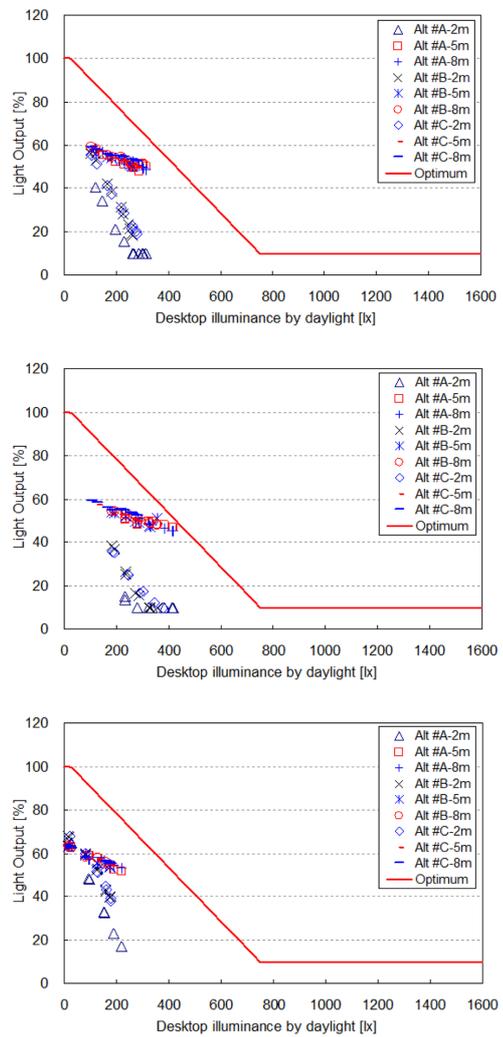


Figure 10. Dimming system performance under overcast sky (Top: Mar/21, Middle: June/21, Bottom: Dec/21).

조건에서 목표조도 유지에 필요한 적절한 디밍이 이루어진 것으로 나타났다. 또한, 효과적인 조명 에너지 절약이 달성된 것으로 판단된다.

부분 담천공(partly cloudy sky) 조건에서 발생한 조명제어 효과는 청천공 조건에서 나타난 결과와 유사한 분포를 보이고 있다. 적용된 광선반 조건대하여, 5m 및 8m 지점에 설치된 포토센서 조건에서 목표조도 유지에 필요한 조명 출력량보다 높은 출력량이 유지되고 있다. 그러나, 이러한 결과는 광선반이 적용되지 않은 소규모 사무실 공간을 대상으로

실시된 기존의 연구 결과에 비교하여 상대적으로 감

소된 조명 출력량이 유지된 것으로 판단된다 (Kim & Song, 2007; Kim, Jung & Hong, 2008)

담천공(overcast sky) 조건에서 적용된 모든 광선반 및 포토센서 위치 조건에 대하여, 조명 제어 시스템에 의한 과도한 디밍이 이루어져 목표조도는 유지되지 않은 것으로 나타났다.

각 광선반 조건별 발생된 시간별 조도 변화 분포의 예는 Figure 11에 나타나 있다. 유입되는 주광변화에 대하여, 전기 조명기기에서 과도한 디밍이 이루어지는 것으로 분석된다. 이는 태양의 영향이 감소되는 담천공 조건에서 실내로 유입되는 주광은 감소되므로,

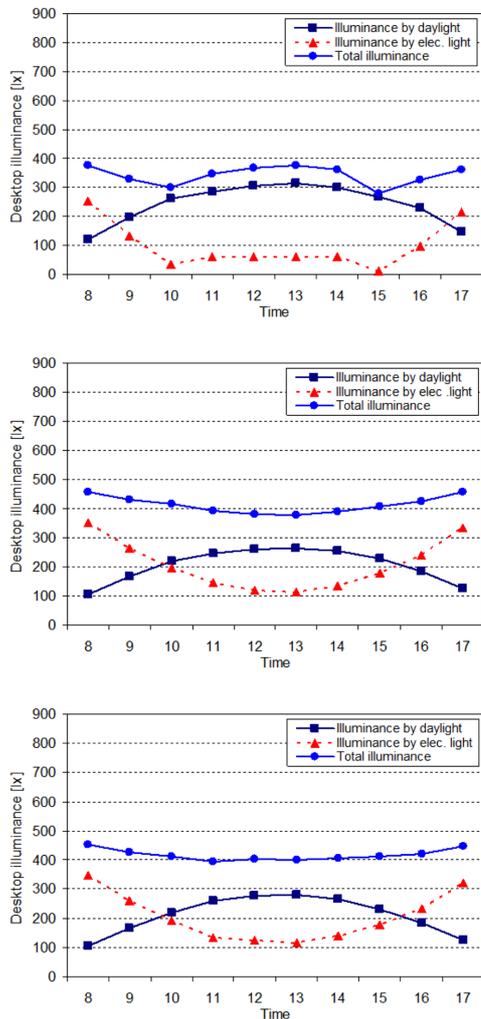


Figure 11. Example of daily dimming control for a photosensor at 2 m on March 21 under overcast sky (Top: Alt. #A, Middle: Alt. #B, Bottom : Alt. #C).

포토 센서는 전기조명 기기로부터 발생하는 빛을 주로 감지하여 발생된 것으로 판단된다.

3.3. 주광조도 상관성 분석

광선반이 적용된 조건에서, 천공 표면으로부터 실내로 유입되어 형성되는 주광의 분포는 광선반 표면에서 주광이 1차적으로 반사되는 과정에 의하여 결정된다. 이러한 반사과정은 천장에 설치된 포토센서의 신호 변화에 영향을 준다. 본 연구에서는 모든 천공조건에서 천장에 설치된 포토센서에서 감지되는 주광조도와 5 m 지점에 위치한 책상면에서 변화되는 주광조도와

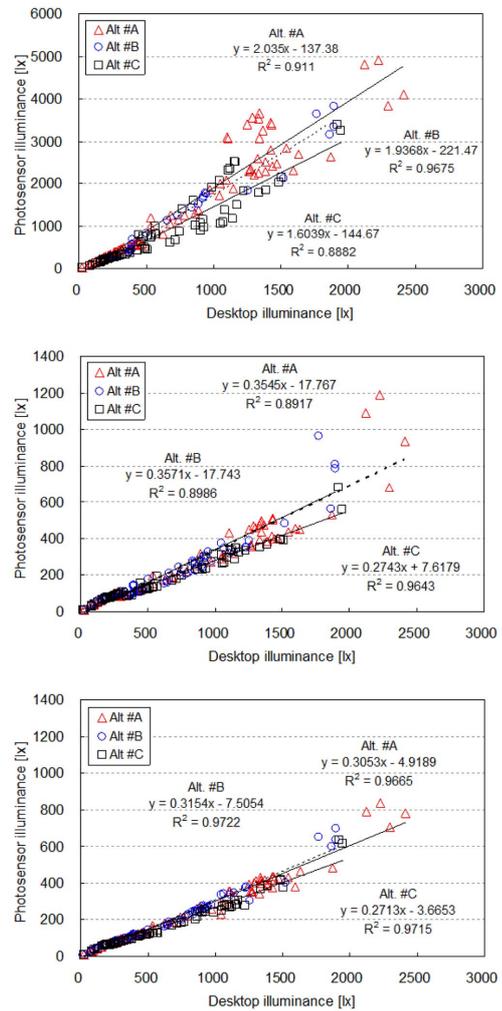


Figure 12. Relationship between workplane and photosensor illuminance by daylight (Top: 2 m, Middle: 5 m, Bottom: 8 m).

의 상관성이 분석되었다.

계산된 책상면의 주광조도 변화는 독립변수 (independent variable)로 설정되었고, 천장에 설치된 포토센서에서 감지되는 조도는 종속변수(dependent variable)로 설정되어 선형 회귀(linear regression) 분석이 실시되었다. 선형회귀 분석이 적용되어 두 변수 사이의 예측모델식이 제시되었다. 모델식의 검증을 위하여, 통계적인 이론에 근거되어 사용되고 있는 변수분석 방법(ANOVA: ANalysis Of VARIABLE)이 적용되었다.

각 천공 조건별, 책상면의 조도 변화와 포토센서에서 감지되는 조도변화 사이의 선형 회귀분포에 대한

Table 2. ANOVA for relationship between workplane and photosensor illuminance by daylight

Light-shelf	Sensor position	Variable	Unstandardized Coefficient		t	Sig.	ANOVA		r ²
			B	Std. error			F test	Sig.	
Alt. #A	2 m	Constant	-137.38	67.99	-2.02	0.04	F(1,84) = 860.02	0.00	0.9110
		Slope	2.035	0.06	29.32	0.00			
	5 m	Constant	-17.75	13.21	-1.34	0.18	F(1,84) = 691.7	0.00	
		Slope	0.355	0.01	26.3	0.00			
	8 m	Constant	-4.19	6.08	-0.81	0.42	F(1,84) = 2421.1	0.00	
		Slope	0.305	0.006	49.21	0.00			
Alt. #B	2 m	Constant	-197.96	42.98	-4.61	0.00	F(1,84) = 796.51	0.00	0.9050
		Slope	1.679	0.059	28.23	0.00			
	5 m	Constant	-17.74	9.45	-1.87	0.06	F(1,84) = 744.44	0.00	
		Slope	0.357	0.01	27.28	0.00			
	8 m	Constant	-7.51	4.21	-1.78	0.07	F(1,84) = 2935.01	0.00	
		Slope	0.315	0.01	54.17	0.00			
Alt. #C	2 m	Constant	144.68	4789	-3.02	0.00	F(1,84) = 635.8	0.00	0.8880
		Slope	1.604	0.06	23.21	0.00			
	5 m	Constant	7.62	4.43	1.71	0.09	F(1,84) = 2164.8	0.00	
		Slope	0.274	0.01	46.52	0.00			
	8 m	Constant	-3.65	3.91	-0.93	0.35	F(1,84) = 2726.6	0.00	
		Slope	0.27	0.01	52.21	0.00			

분석 결과는 Figure 12에 나타나 있다. 두 변수 사이의 선형적 상관성에 대한 예측 모델식 및 검증결과는 Table 2에 요약되어 있다.

전반적으로, 적용된 두 변수사이의 상관성은 높은 것으로 나타났다. 상관성을 의미하는 결정계수(coefficient of determination : r²)는 0.8880~0.9720의 범위에서 변화 되었다. 이러한 결과는 책상면 주광조도의 변화를 이용하여 천장면에 설치된 포토센서의 주광조도 변화를 선형적으로 예측하는 경우, 포토센서의 주광조도에 대한 에러범위(error variation)는 88.8%~97.2% 감소하는 것을 의미한다. 두 변수 사이의 결정계수는 적용된 모든 광선반 조건에서 포토센서가 8 m 지점에 위치한 경우 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, 2 m 및 5 m 지점의 경우, 상대적으로 낮은 상관성을 나타낸 것으로 분석되었다.

두 개의 광선반 대안 (Alt. #B, Alt. #C)에서 상관성은 증가하여, 광선반이 설치되는 경우 책상면의 주광조도는 포토센서 조도에 효과적인 영향을 주는 것으로 판단된다.

또한, 3개 포토센서 지점에서 나타난 두 변수 사이의 상관성은 광선반 조건에 따라 변화되었다. 이는 광

선반이 설치되는 경우, 책상면의 주광조도의 변화를 가장 효과적으로 반영하기 위한 포토센서의 위치는 변화되어야 함을 의미한다.

Table 2에 요약되어 있는 바와 같이, 모든 예측 모델식은 신뢰도 수준(significance level) 0.01 이하에서 유효한 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 책상면의 주광조도 변화와 포토센서의 주광조도 변화 분포 사이의 상관성 분석이 효과적으로 활용될 수 있음을 의미한다.

3.4. 조명 에너지 절약

광선반이 적용되는 경우, 주어진 천공조건에서 조명 제어 시스템에 의하여 절약된 조명에너지 분포는 Table 3에 요약되어 있다. 청천공 및 부분 답천공에서 효율적인 조명 에너지 절약이 이루어진 것으로 분석되었다. 예를 들면, 청천공 조건에서 최소 67.5%의 조명에너지 절약이 달성되어 조명제어 시스템은 책상면 목표조도 유지 및 조명에너지 절약에 효과적으로 작용한 것으로 판단된다.

앞에서 분석된 바와 같이, 조명제어 시스템에 의한 조명기기의 디밍량은 목표조도를 유지하기 위하여 설정된 최적의 디밍량 보다 부족하여, 책상면 목표조도

Table 3. Electric lighting energy savings for sky conditions

Lightshelf Type	Day	Clear sky			Partly cloudy sky			Overcast sky		
		2 m	5 m	8 m	2 m	5 m	8 m	2 m	5 m	8 m
Alt. #A	3/21	90.0	84.6	83.4	90.0	78.2	76.7	84.0	48.7	47.6
	6/21	90.0	76.4	77.0	90.0	80.4	80.2	89.2	51.4	51.4
	12/21	89.2	81.9	82.2	81.4	72.9	72.6	62.9	44.0	43.2
Alt. #B	3/21	90.0	77.3	71.2	89.9	75.5	77.3	66.8	46.8	45.9
	6/21	86.7	51.8	51.5	90.0	66.1	69.4	80.9	49.3	49.0
	12/21	84.8	82.4	80.7	80.7	71.5	70.2	47.6	42.9	42.1
Alt. #C	3/21	90.0	81.6	71.9	90.9	79.5	78.1	67.2	47.1	45.1
	6/21	86.4	54.1	52.1	90.0	70.7	71.8	81.0	48.9	48.0
	12/21	85.1	82.4	80.8	80.0	71.4	71.4	47.8	42.8	41.9

보다 높게 유지되었다. 이러한 조건에서도 조명 에너지 절약이 이루어져 본 연구에서 적용된 조명제어 시스템은 에너지 절약 및 목표조도 유지에 효과적으로 작용한 것으로 판단된다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 광선반이 적용된 공간에 대하여 다양한 천공 조건에서 조명제어 시스템의 제어 효과가 분석되었다. 연구결과 요약은 다음과 같다.

1. 광선반 조건이 적용되는 경우, 주광이 실내에서 활용되는 척도를 의미하는 주광인자는 광선반이 적용되지 않은 조건에 비교하여 낮게 나타나는 경우가 발생되었다. 광선반이 설치되면 실내로 유입되는 주광 분포에 긍정적인 효과가 유지될 수 있다. 그러나, 광선반이 설치된 부분이 오버행(overhang) 형태로 차양장치 기능을 하므로 실내주광 조도 향상을 위하여 광선반을 적용하는 경우 광선반으로 인하여 발생하는 차양 조건에 대한 적절한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

2. 광선반이 적용되지 않은 경우, 다른 두 개의 광선반 대안 조건에 비교하여 디밍량은 유사한 것으로 나타났다. 포토센서가 창문으로부터 2m 이격된 지점에 설치된 경우, 모든 광선반 조건에 대한 디밍제어 시스템은 조명기기의 디밍량을 과도하게 유지하여 설정된 목표조도를 유지하는데 부적절한 것으로 나타났다. 담천공(overcast sky) 조건에서 적용된 모든 광선반 및 포토센서 위치 조건에 대하여, 조명 제어 시스템에 의한 과도한 디밍이 이루어져 목표조도는 유지되지 않은 것으로 나타났다.

3. 주광에 의한 책상면 조도와 포토센서의 조도사이

의 선형적인 상관성은 두 변수간의 상관성을 나타내는 결정계수가 0.8880~0.9720의 범위에서 변화되어 매우 높은 것으로 분석되었다. 광선반이 설치되지 않은 조건에 비교하여, 광선반이 설치되는 경우 두 변수사이의 상관성은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 광선반이 설치되는 경우, 책상면의 주광조도는 포토센서 조도에 효과적인 영향을 주는 것을 의미한다. 또한, 3개 포토센서 지점에서 나타난 두 변수 사이의 상관성은 광선반 조건에 따라 변화되었다. 이는 광선반이 설치되는 경우, 책상면의 주광조도의 변화를 효과적으로 반영하기 위한 포토센서의 위치는 변화되어야 함을 의미한다.

4. 광선반이 적용되는 경우, 청천공 및 부분 담천공에서 효율적인 조명 에너지 절약이 이루어진 것으로 분석되었다. 최소 67.8%의 조명에너지 절약이 달성되어, 본 연구에서 고려된 조명제어 시스템은 책상면 목표조도 유지 및 조명에너지 절약에 효과적으로 작용한 것으로 판단된다.

후 기

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

REFERENCES

- Ashdown I. (1994). Radiosity, A programmer's perspective, John Wiley & Sons, Inc.
 Baik Y., & Kim S., (2014). Analysis of photoelectric

- dimming control performance for lighting energy savings in a small office, *Journal of Korean Society of Living Environment System*, 21, 987-995
- Freewan A., (2010). Maximizing the lightshelf performance by interaction between lightshelf geometries and a curved ceiling, *Energy Conversion and Management*, 51, 1600-1604
- Kim S. (2005). Impact of blind conditons on daylight illuminance and lighting energy savings in a small office space with a double skin envelope, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 21, 213-220
- Kim S., & Song K., (2007). Determining photosensor conditions of a daylight dimming control system using different double-skin envelope configurations, *Indoor and Built Environment*, 16, 411-425
- Kim S., Jung Y., & Hong B., (2008). Recommended sensitivity of a fully-shield photosensor for a daylight dimming control system in a small office, *Journal of Korean Society of Living Environment System*, 15, 145-154
- Kim S. (2003). Contribution of horizontal louvers to the daylight distribution in a large multipurpose hall, *Architectural Research*, 5, 29-36
- Renfro R., & Guglielmetti R (1999). Lightscape daylighting accuracy test, Renfrom Design Group
- US Green Building Council (2016), LEED Guideline
- Xue P., Mark C., & Cheung H., (2014). New static lightshelf system design of celerestory windows for Hong Kong, *Building and Environment*, 72, 368-376
- 투 고 일: 2016. 2. 12
수정접수일: 2016. 4. 19
게재승인일: 2016. 4. 22