

Roller Shade 높이 변화에 따른 광센서 조광제어기울기 산정을 위한 기초적 연구

임지선*, 김유신**, 최안섭***, 이정호****

*세종대학교 대학원 건축공학과(crazy-princess@nate.com),
**세종대학교 대학원 건축공학과(haeby@hanmail.net),
***세종대학교 건축공학과 교수(aschoi@sejong.ac.kr),
****삼성건설 기술연구소(jh.ls.lee@samsung.com)

A Fundamental Study for Calculation of Daylight Responsive Dimming Control Slope in different Height of Roller Shade

Lim, Ji-Sun*, Kim, Yu-Sin**, Choi, An-Seop***, Lee, Jeong-Ho****

*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sejong University(crazy-princess@nate.com),
**Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sejong University(haeby@hanmail.net),
***Professor, Dept. of Architectural Eng., Sejong University(aschoi@sejong.ac.kr),
****Samsung Engineering & Construction(jh.ls.lee@samsung.com)

Abstract

Available daylight in inside offers comfortable view environment, and psychological and physical advantages to people in the room. But, it has a problem of an excessive direct sunlight. This study calculated daylight responsive dimming control slope by Roller Shade system with Mock-up test. With three 1/2 scale Mock-up rooms, we performed a test for calculation of daylight responsive dimming control slope in different shade height of each room through the different height of roller shade systems. This research will be used as a fundamental study for automated roller shade systems.

Keywords : 자연채광(Daylight), 롤러 웨이드(Roller Shade), 높이 제어(Height Control), 제어기울기(Control Slope), 사무소 건축물(Office Building)

1. 서론

주광은 건축공간의 기능적 배열, 사용자의 시각적, 열적 쾌적함, 구조, 에너지 소비, 인공조명의 선정과 조명제어시스템 등 수많은 건축요소에 영향을 주며, 건물의 미적, 정서적인 측면을 향상시킨다.¹⁾ 이러한 이유로 건

축가들은 주광을 공간의 느낌을 변화시키고 성스러움과 건강미를 표현하는 디자인의 요소로 활용하여 왔다. 주광은 인간의 시각 반응에 가장 근접하게 일치하는 광원으로 현대인들은 인공광원보다 심리적 안정, 작업 환

1) Peter R. Boyce, Human Factors in Lighting, 2nd Edition, Lighting Research Center, 2003

경, 유쾌함, 심리적·신체적 건강, 연색성 측면 등에서 질적으로 우수하다고 믿는다.²⁾

최근 커튼월 구조가 증가하면서 개구부의 면적이 넓어짐에 따라 과도한 직사일광의 유입으로 인한 시각적 불편감을 차단하기 위해 Roller Shade를 설치하지만 현실적인 번거로움으로 인해 무조건 닫아 놓기만 한다. 이에 따라 직사일광의 유입은 차단하고 적절한 주광은 유입하여 쾌적한 빛 환경을 조성할 수 있는 Roller Shade의 높이 조절이 필요하다. 또한 주광유입에 따른 효율적인 인공조명의 에너지 절감을 위해 광센서 조광제어시스템의 적용과 천공과 높이에 따른 조광제어기울기의 산정이 필요하다.

본 연구는 Roller Shade의 높이 조절에 따른 광센서 조광제어기울기를 산정하기 위해 1/2 Scale의 Mock-up 실험실을 제작하였다. Mock-up 실험실에서는 작업면 위치의 센서를 이용하여 측정이 가능하나, 실제 사무소 건축물에서는 사용자나 기타 사무용품들에 의해 작업면 위치에서의 센싱이 방해받기 때문에 천장의 광센서의 측정을 통하여 조광제어를 한다. 천장 광센서 시그널과 작업면 조도의 관계는 시스템의 보정시에 정해지고 천공상태 변화에 따라 조광률이 결정된다. 천장 광센서 시그널과 작업면 조도의 관계 변화에 따라 조광률이 다르게 결정되기 때문에 목표조도 달성에 실패한다. 이러한 관계에 따라 외부 천공상태와 Roller Shade 높이에 따라 얼마나 변하는지 알아보았다.

2. 실험개요 및 측정방법

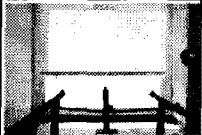
2.1 1/2 scale 모형의 구성

본 연구는 S대학교 Y관 옥상에 Roller Shade를 닫은 상태로 고정된 방, 높이를 조절하는 방, Roller Shade가 없는 방으로 구성된 1/2 Scale Mock-up 실험실에서 2008년 3

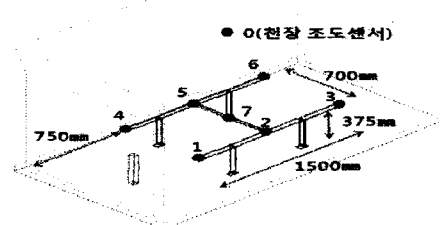
월 2일부터 2008년 4월 18일까지 춘분 실험을, 2008년 5월 20일부터 2008년 7월 31일까지 하지 실험을 하였다. 다음의 표 1은 실험실의 개요이다.

표 1. 실험실의 개요

구분	변수	내용
외부 위치		위도 37° 33', 경도 127° 4' (S 대학교 Y 관 옥상)
조건	실험 기간	3월 2일 ~ 4월 18일
	하 지	5월 20일 ~ 7월 31일
내부 조건	실험실 크기(mm)	1510(W) × 2870(D) × 1640(창측)/1570(문측)(H) × 3동
	재질/반사율	천장: 흰색 페인트/0.84 벽체: 흰색 페인트/0.84 바닥: 카펫/0.26
창호	방향	정남향
	크기(mm)	1290(W) × 1215(H)
	조도 센서	LI-210SA, 24EA


측정점은 각 방마다 8개소씩 총 24개의 조도센서를 설치하여 측정하였으며, 측정된 조도값은 Data-Logger를 이용하여 PC로 전송되며, Lab View를 이용하여 저장된다. 측정값은 매초 순간적인 조도값을 측정하여 1분 단위로 평균하여 기록하였다. 그림 1은 조도센서의 설치모습 및 측정기기의 모습이다.



(a) 조도센서 설치 후 내부모습



(b) 조도센서 (c) Data-logger (d) Lab View

그림 1. 내부모습 및 측정기기 모습

2) J.H. Heerwagen, D.R. Heerwagen, Lighting and psychological comfort, Lighting Design and Application 16 (4) (1986) 47-51

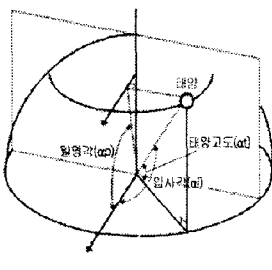
2.2 Roller Shade 높이 제어 산정 방법

직사일광이 실내공간 어디까지 영향을 미치는지를 판단하기 위해서 일영각(α_p)을 사용한다. 일영각은 다음 식 (1)과 같이 태양고도(α_t)와 태양의 입사각(α_i)을 통해 구할 수 있으며,³⁾ 이를 통해 Roller Shade의 제어 높이를 설정할 수 있다. 다음의 표 2는 일영각의 개념을 나타낸 그림과 1/2 Scale 모형에 대한 춘분, 하지의 일영각을 계산한 것이다.

$$\alpha_p = \arctan\left[\frac{\sin\alpha_t}{\cos\alpha_i}\right] \quad (1)$$

여기서, α_p = 일영각
 α_t = 태양고도
 α_i = 입사각

표 2. 일영각의 개념 및 일영각(단위: °)

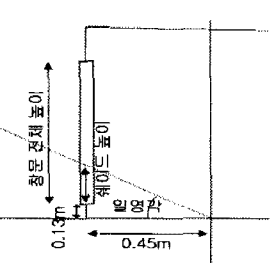
시간	춘분	하지	일영각의 개념
09:00	27.26	42.33	
10:00	37.48	54.21	
11:00	46.2	65.31	
12:00	51.43	74.09	
13:00	52.3	74.47	
14:00	48.25	66.45	
15:00	40.4	55.45	
16:00	30.45	43.6	
17:00	19.39	32.07	

본 연구에서는 1/2 Scale 모형을 고려하여 주광유입깊이를 0.45m로 제한하였으며, 이는 사무공간에서의 창과 책상과의 거리를 기준으로 주광유입깊이를 0.9m로 결정한 것이다. 일영각을 고려하여 Roller Shade의 제어 높이를 산출하였고, 산출식은 다음 식 (2)와 같다. 표 3은 Roller Shade의 높이 산정 방법과 춘분, 하지에 사용하는 Roller Shade의 제어 높이이다.

$$h = 0.45 \times \tan\alpha_p - 0.13 \quad (2)$$

여기서, h = 웨이드 높이
 α_p = 일영각

표 3. Roller Shade의 높이 산정 방법(단위: cm)

시간	춘분	하지	높이 산정 방법
09:00	10	20	
10:00	20	50	
11:00	30	80	
12:00	40	Full-Up	
13:00	40	Full-Up	
14:00	40	80	
15:00	30	50	
16:00	20	20	
17:00	10	Full-Down	

3. 실험결과 및 고찰

3.1 춘분의 제어기울기

Roller Shade 높이에 따른 제어기울기를 비교·분석하였다. 표 4는 춘분의 Ch-0(천장면 조도)과 Ch-7(작업면 조도)의 상관관계를 나타낸 표이고, 표 5는 상관관계식 및 Rm-A와 Rm-C에 따른 Rm-B의 기울기 비율이다.

Rm-A를 기준으로 한 Rm-B의 비율은 청천공의 경우, 웨이드 높이 10cm, 20cm, 30cm, 40cm일 때 약 80%이고, 부분담천공의 경우, 웨이드 높이 10cm일 때 약 78%, 웨이드 높이 20cm일 때 약 83%, 웨이드 높이 30cm, 40cm일 때 약 82%이며, 담천공의 경우, 웨이드 높이 10cm일 때 약 78%, 웨이드 높이 20cm일 때 약 82%, 웨이드 높이 40cm일 때 약 80%이다.

Rm-C를 기준으로 한 Rm-B의 비율은 청천공의 경우, 웨이드 높이 10cm일 때 약 80%, 웨이드 높이 20cm일 때 약 85%, 웨이드 높이 30cm일 때 약 87%, 웨이드 높이 40cm일 때 약 83%이고, 부분담천공의 경우, 웨이드 높이 10cm일 때 약 68%, 웨이드 높이 20cm일 때 약 80%, 웨이드 높이 30cm일 때 약 75%, 40cm일 때 약 70%이며, 담천공의 경우, 웨이드 높이 10cm, 20cm, 40cm일 때 약 60%이다.

3.2 하지의 제어기울기

춘분과 같이 Roller Shade 높이에 따른 제어기울기를 비교·분석하였다. 표 6은 춘분의

3) 최안섭, 주광의 이해와 계산 / 특집: 그린 빌딩과 태양에너지 이용, Journal of the KGBC 1012, 2권, 4호, pp. 14-18, 2001

표 4. 천장면과 작업면 조도의 상관관계 - 춘분

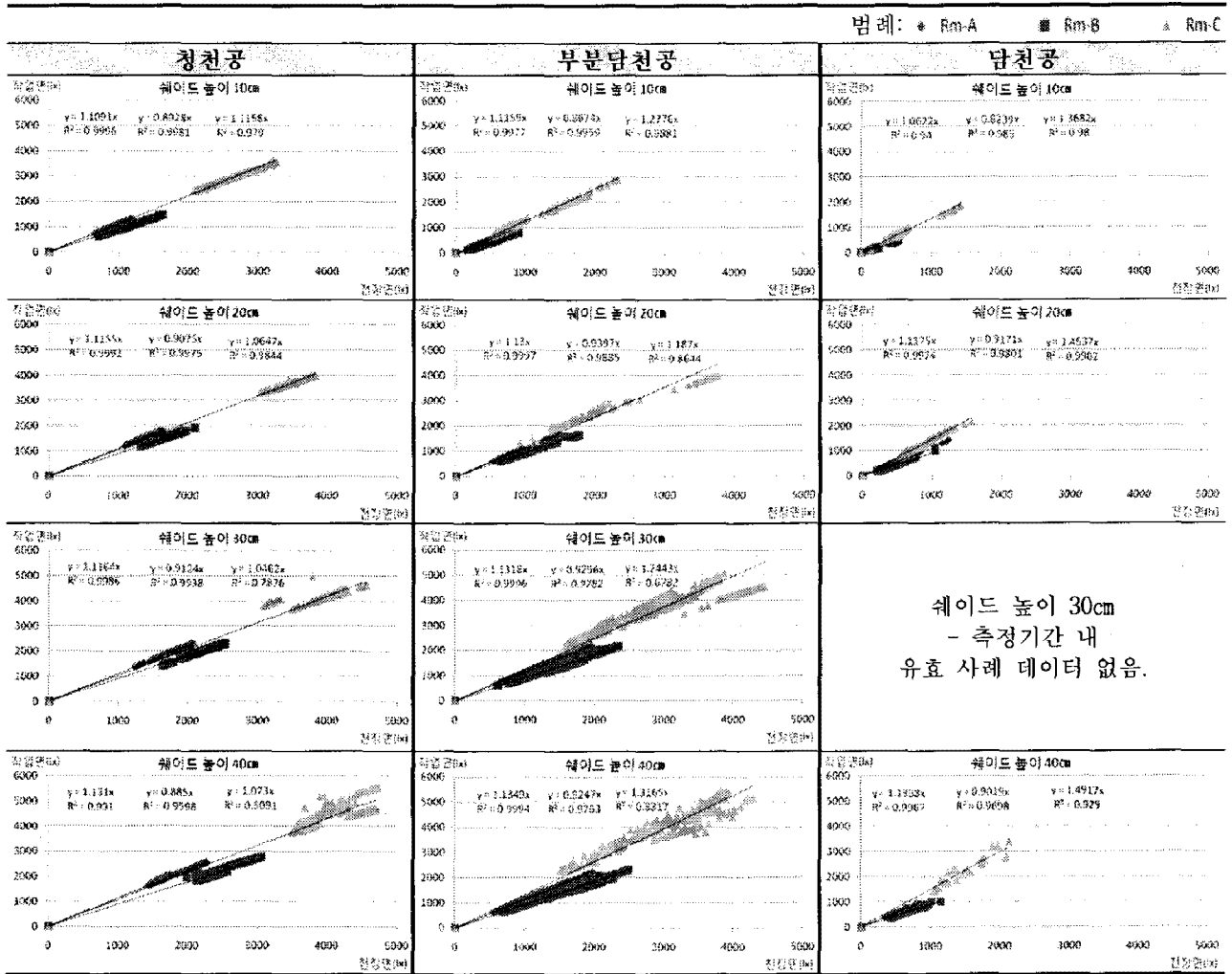
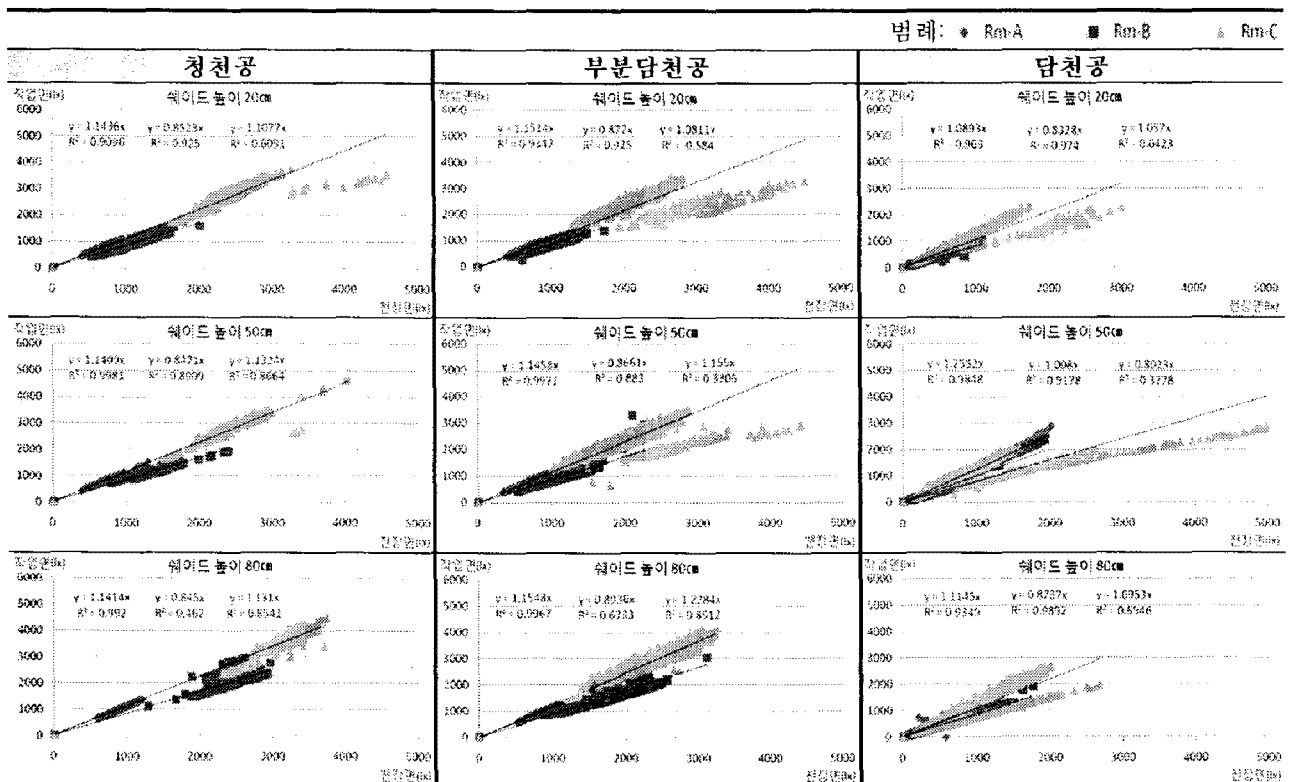


표 5. 상관관계식 및 Rm-A와 Rm-C에 따른 Rm-B의 기울기 비율(단위: %) - 춘분

구분	청천공		부분담천공		담천공	
	식	R2	Rm-A 기준	Rm-B의 웨이드 높이 10cm	Rm-A 기준	Rm-B의 웨이드 높이 10cm
Rm-A	식	$y = 1.1091x$	Rm-A 기준	$y = 1.1159x$	Rm-A 기준	$y = 1.0622x$
	R2	0.9996	80.5	0.9977	77.7	0.94
Rm-B	식	$y = 0.8928x$	Rm-C 기준	$y = 0.8674x$	Rm-C 기준	$y = 0.8239x$
	R2	0.9981	80	0.9959	67.9	0.985
Rm-C	식	$y = 1.1158x$		$y = 1.2776x$		$y = 1.3682x$
	R2	0.979		0.9881		0.98
Rm-B의 웨이드 높이 20cm						
Rm-A	식	$y = 1.1155x$	Rm-A 기준	$y = 1.13x$	Rm-A 기준	$y = 1.1175x$
	R2	0.9992	81.4	0.9997	83.2	0.9974
Rm-B	식	$y = 0.9075x$	Rm-C 기준	$y = 0.9397x$	Rm-C 기준	$y = 0.9171x$
	R2	0.9975	85.2	0.9885	79.2	0.9801
Rm-C	식	$y = 1.0647x$		$y = 1.187x$		$y = 1.4537x$
	R2	0.9844		0.8644		0.9902

Rm-B의 쉐이드 높이 _ 30cm							
Rm-A	식	$y=1.1164x$	Rm-A 기준	$y=1.1318x$	Rm-A 기준	-	Rm-A 기준
	R2	0.9986	81.7	0.9996	81.8	-	-
Rm-B	식	$y=0.9124x$		Rm-C 기준		$y=0.9256x$	Rm-C 기준
	R2	0.9938	0.9782	0.9782	-	-	
Rm-C	식	$y=1.0462x$	87.2	$y=1.2443x$	74.4	-	-
	R2	0.7876		0.6782		-	-
Rm-B의 쉐이드 높이 _ 40cm							
Rm-A	식	$y=1.131x$	Rm-A 기준	$y=1.1349x$	Rm-A 기준	$y=1.1338x$	Rm-A 기준
	R2	0.991	78.2	0.9994	81.5	0.9967	79.5
Rm-B	식	$y=0.885x$		Rm-C 기준		$y=0.9247x$	
	R2	0.9598	0.9763	0.9763	-	0.9698	-
Rm-C	식	$y=1.073x$	82.5	$y=1.3165x$	70.2	$y=1.4917x$	60.5
	R2	0.5091		0.8817		0.929	

표 6. 천장면과 작업면 조도의 상관관계 _ 하지



Ch-0(천장면 조도)과 Ch-7(작업면 조도)의 상관관계를 나타낸 표이고, 표 7은 상관관계 식 및 Rm-A와 Rm-C에 따른 Rm-B의 기울기 비율이다.

Rm-A를 기준으로 한 Rm-B의 비율은 청천공의 경우, 쉐이드 높이 20cm, 50cm, 80cm일 때 약 74%이고, 부분담천공의 경우, 쉐이드 높이 20cm, 50cm, 80cm일 때 약 75%이며, 담천공의 경우, 쉐이드 높이 20cm, 50cm, 80cm일

때 약 80%이다.

Rm-C를 기준으로 한 Rm-B의 비율은 청천공의 경우, 쉐이드 높이 20cm일 때 77%, 쉐이드 높이 50cm, 80cm일 때 약 75%이고, 부분담천공의 경우, 쉐이드 높이 20cm일 때 약 80%, 50cm, 80cm일 때 약 75%이며, 담천공의 경우, 쉐이드 높이 20cm, 80cm일 때 약 80%, 쉐이드 높이 50cm일 때 약 125%이다.

표 7. 상관관계식 및 Rm-A와 Rm-C에 따른 Rm-B의 기울기 비율(단위: %) _ 하지

구 분		청천공		부분담천공		담천공	
		Rm-B의 쉐이드 높이 20cm					
Rm-A	식	$y=1.1436x$	Rm-A 기준	$y=1.1514x$	Rm-A 기준	$y=1.0893x$	Rm-A 기준
	R2	0.9096	74.5	0.9347	75.7	0.963	76.5
Rm-B	식	$y=0.8523x$		Rm-C 기준		$y=0.872x$	
	R2	0.925	76.9	0.925	80.7	0.974	78.8
Rm-C	식	$y=1.1077x$		Rm-A 기준		$y=1.0811x$	
	R2	0.6091	74.2	-0.584	75.6	0.6423	80.3
Rm-B의 쉐이드 높이 50cm							
Rm-A	식	$y=1.1409x$	Rm-A 기준	$y=1.1458x$	Rm-A 기준	$y=1.2552x$	Rm-A 기준
	R2	0.9981	74.2	0.9971	75.6	0.9848	80.3
Rm-B	식	$y=0.8471x$		Rm-C 기준		$y=0.8661x$	
	R2	0.8909	74.8	0.883	75	0.9178	125.7
Rm-C	식	$y=1.1324x$		Rm-A 기준		$y=1.155x$	
	R2	0.8664	74	0.3306	77.4	0.3278	78.4
Rm-B의 쉐이드 높이 80cm							
Rm-A	식	$y=1.1414x$	Rm-A 기준	$y=1.1548x$	Rm-A 기준	$y=1.1145x$	Rm-A 기준
	R2	0.992	74	0.9967	77.4	0.9349	78.4
Rm-B	식	$y=0.845x$		Rm-C 기준		$y=0.8936x$	
	R2	0.462	74.7	0.6733	72.7	0.9892	79.8
Rm-C	식	$y=1.131x$		Rm-A 기준		$y=1.2284x$	
	R2	0.8541	74.7	0.8512	72.7	0.6946	79.8

4. 결론

『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았음.

본 연구에서는 Roller Shade의 높이 변화에 따른 광센서 조광제어기울기를 분석하기 위해 S대학교 Y관 옥상에 설치된 모형을 이용한 실험을 수행하였다. 그 결과 천공별, Roller Shade 높이별로 천장 광센서 시그널과 작업면 조도와와의 상관관계에 있어서 변화가 나타났다. 이는 Roller Shade의 높이와 천공 상태에 따라 실내로 유입되는 주광량의 차이로 인해 작업면과 천장면의 조도 및 센서 시그널의 변화가 발생한 것이다. 이러한 변화로 인하여 작업면의 목표조도를 달성하지 못하는 현상이 나타난다. 천공별, Roller Shade 높이별로 변화하는 조광률을 보정하면 작업면의 목표 조도를 달성할 수 있다.

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) 47-51
3. 최안섭, 주광의 이해와 계산 / 특집: 그린 빌딩과 태양에너지 이용, Journal of the KGBC 1012, 2권, 4호, pp. 14-18, 2001

후기

이 연구는 삼성건설의 연구비 지원에 의한 연구결과의 일부이며, 저자의 일부는