



## 확산필름 부착 위치에 따른 광선반 성능개선 연구

### Research of the Performance Improvement of a Light Shelf Depending on the Diffusion Film Installation Position

박은수\* · 이행우\*\* · 송석재\*\*\* · 김용성\*\*\*\*

Park, Eunsu\* · Lee, Heangwoo\*\* · Song, Seonkjae\*\*\* · Kim, Yongseong\*\*\*\*

\* Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (es870817@gmail.com)

\*\* Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (moonup2001@nate.com)

\*\*\* Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (qna\_j@qna-lab.com)

\*\*\*\* Corresponding author, Dept. of Architectural Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., South Korea (yongkim@kookmin.ac.kr)

#### ABSTRACT

**Purpose:** Various studies on a light shelf are in progress, but it has the problem of glare occurrence. The present study suggested a diffusion film as the method for resolving the glare problem, and aimed to establish light shelf-related basic data by conducting the performance evaluation of a light shelf depending on the installation position of the diffusion film. **Method:** To carry out the light shelf performance evaluation depending on the diffusion film installation position, three cases were established: no diffusion film installation (Case 1), diffusion film installation on the reflector (Case 2), and diffusion film installation on the upper glass surface of the window for light shelf installation (Case 3); and the energy reduction performance, luminance, and luminance contrast were analyzed based on a testbed. **Result:** The conclusions of this study are as follows. 1) When the diffusion film was applied, the amount of light introduced through the light shelf decreased, and the average indoor illumination decreased accordingly. 2) For Case 3, the lighting energy reduction performance was identical to the lighting energy reduction efficiency of the existing light shelf; and for Case 2, it was found to be inappropriate as the lighting energy consumption increased compared to that of the existing light shelf. 3) The analysis of the glare for the cases established in this study showed that the luminance contrast was low for Case 3, and thus the glare problem could be minimized. 4) The specific angle of the light shelf could induce the glare problem by increasing the luminance depending on the external condition. 5) Based on the aforementioned contents, the installation position of the diffusion film for improving the lighting performance and glare problem of the light shelf was found to be the upper glass surface of the window for light shelf installation.

#### KEYWORD

광선반  
확산필름  
에너지저감  
현휘  
성능평가

Light-shelf  
Diffusion Film  
Energy Saving  
Glare  
Performance Evaluation

#### ACCEPTANCE INFO

Received May 1, 2017

Final revision received May 29, 2017

Accepted June 3, 2017

© 2017 KIEAE Journal

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

한국에너지기술연합회의 2016년 건물에너지 소비표본 조사에 의하면 용도별·에너지원별 소비되는 조명 에너지 비중은 11.9%로 높게 나타나 문제시되고 있으며<sup>1)</sup>, 지속적으로 증가할 것이라 예측하고 있다. 이에 건물부문의 조명에너지 비중을 줄이기 위한 다양한 연구 및 기술개발은 지속적으로 이루어지고 있다. 이중 광선반은 자연채광시스템으로써 외부 자연광을 광선반 반사판의 반사를 통하여 실내 깊숙이 유입시켜 효율적인 에너지 저감이 가능하여 그 유효성을 인정받고 있다. 그러나 광선반은 외부 자연광을 반사시키는 과정에서 현휘를 발생시켜 실내 쾌적도를 저하시킬 수 있으며, 태양의 방위 및 고도에 따라서 실내로 유입되는 자연광의 방향성이 결정된다는 단점을 가지고 있다. 특히, 국토해양부의 창호 설계 가이드라인<sup>2)</sup>에서 창면적을 40%로 이하로 설계하도록 권장하고 있어서 자연채광시스템인 광선반

의 성능은 더욱 제한적이다.

이에 본 연구는 확산필름을 통한 광선반의 채광성능 및 현휘를 개선할 수 있는 방법을 제안하며, 나아가 실스케일의 테스트베드를 통한 확산필름 부착위치에 따른 광선반 성능평가를 진행하여 그 유효성 입증을 목적으로 한다.

### 1.2. 연구의 절차 및 범위

본 연구는 <Fig. 1>에서 나타나듯이 확산필름 부착위치에 따른 광선반의 성능검증을 실시하기 위하여 테스트베드를 구축하였으며, 다음의 절차에 의거하여 진행하였다. 첫 번째, 본 연구의 문헌고찰 단계로써 광선반의 개념 및 선행연구와 이후 성능평가를 위한 실내 조도 기준 및 현휘를 고찰하였다. 또한, 확산필름의 개념과 원리에 대한 고찰을 진행하였다. 두 번째, 본 연구는 확산필름 부착위치에 따른 광선반의 성능검증을 실시하기 위하여 확산필름 미부착(Case 1), 확산필름 광선반 반사판 부착(Case 2) 및 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름 부착(Case 3)의 3가지 Case로 설정하였다. 세 번째, 각 Case에 대한 실내 조도 값, 조명 전력사용량, 휘도를 도출하였으며, 이를 근거

로 확산필름 부착 위치에 따른 광선반 성능평가를 진행하였다.

단, 본 연구는 테스트베드의 구축된 인공태양 조사장치의 특성에 기인하여 정남향에 상황만 고려하여 성능평가를 진행하였다.

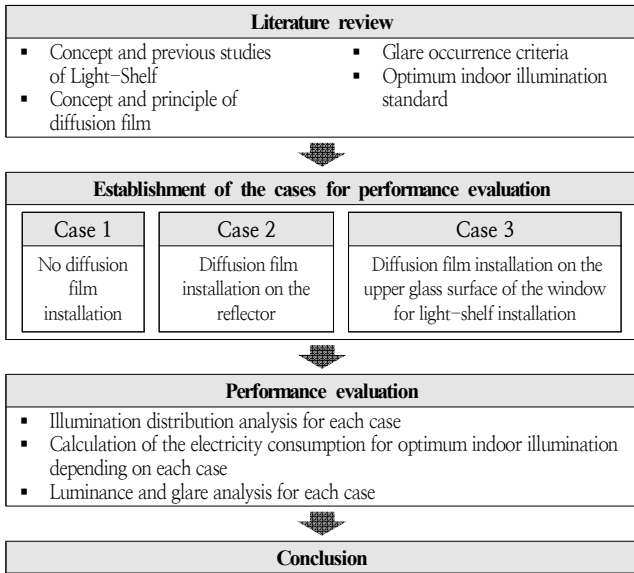


Fig. 1. Procedure of the study

## 2. 광선반 성능개선 및 평가를 위한 이론고찰

### 2.1. 선반의 개념 및 선행연구

광선반은 <Fig. 2>에서 나타나듯이 외부의 자연광을 반사시켜 실내로 유입시키는 자연채광 방식이며, 광선반을 통한 외부 자연광의 유입은 광선반의 반사판, 실내 공간의 천장의 순서에 의한 반사를 통해 이루어진다<sup>2)</sup>. 광선반의 채광성능을 결정하는 변인은 폭, 높이, 각도, 반사율 등이 있다.

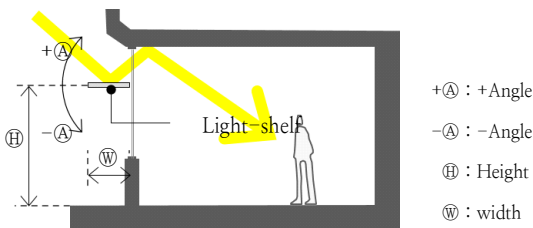


Fig. 2. Procedure of the study

광선반에 관련한 선행연구<sup>3-12)</sup>는 <Table 1>과 같으며, 확산의 원리를 통하여 채광성능 개선과 현휘의 문제를 동시에 고려한 연구는 부재하다. 특히 현휘를 해결하기 위한 기존의 선행연구<sup>9)</sup>는 색이 있는 셀로판지나 한지를 창호의 유리면에 부착하고 있으나, 이러한 경우에는 실내로 유입되는 자연광량의 감소로 인하여 채광성능이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 광선반의 변인에 따른 실내의 휘도를 도출하고 있는 연구<sup>11)</sup>는 있으나, 광선반의 변인에 따른 휘도분석의 수준으로 광선반의 현휘 개선을 위한 연구는 부족한 실정이다.

Table 1. Previous studies on performance evaluation of light-shelf system

Title of study	Year	Light-shelf	
		Application of diffusion	Settlement of glare problem
A Study on Lighting Performance Evaluation of Light-Shelf using Crystal Face <sup>3)</sup>	2015	○	X
Dynamic internal light shelf for tropical daylighting in high-rise office buildings <sup>4)</sup>	2016	X	Luminance analysis
A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows <sup>5)</sup>	2013	X	Luminance analysis
Effective light shelf and form finding: Development of a light shelf design assistant tool using parametric methods <sup>6)</sup>	2013	X	Luminance analysis
Evaluation of Daylighting Performance and Design of a Curved - Lightshelf by the Ray Tracing Method <sup>7)</sup>	2011	X	Luminance analysis
Performance Assessment of Building Envelopes II: LightShlef, RetroLux <sup>8)</sup>	2009	X	Luminance analysis
A study on the of measure discomfort glare for light shelves <sup>9)</sup>	2008	X	Luminance analysis
Luminance Performance of a Room with Light Guide and Blind Systems by Mockup Experiments <sup>10)</sup>	2007	X	Luminance analysis
Comparative Daylighting Performance of an Interior with Lightshelves and Conventional Glazing: A Mock-Up Experiment <sup>11)</sup>	2006	X	Luminance analysis
Daylighting Performance Evaluation of Lightshelf Window System by Lightscape <sup>12)</sup>	2004	X	Luminance analysis

### 2.2. 확산필름의 개념 및 원리

확산필름은 <Fig. 3>에서 나타나듯이 광원에서 나온 빛이 확산필름을 투과시 SHINELUX 층 사이에 위치하고 있는 DIFFUSER BEAD와 부딪혀 확산이 이루어지며, 확산된 빛은 EMBO층을 통과시 난반사된 빛의 무분별한 확산을 방지해주는 역할을 한다. 이에 따라서 기존 광선반에 확산필름을 적용시 태양의 고도 및 방위각에 상관없이 난반사를 통한 실내 전반에 빛을 유입시킴과 동시에 불필요한 난반사를 막아서 현휘문제 해결이 가능하다.

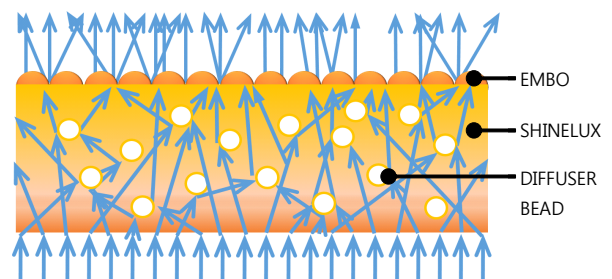


Fig. 3. Concept and structure of the diffusion film

### 2.3. 현휘 발생 기준

현휘는 과도한 휘도 또는 휘도 대비에 의하여 발생하는 시각적 불편감을 지칭하며, 관찰자의 시야 내의 평균 휘도에 대하여 대상물체의 휘도대비가 10 이상일 때 과도한 휘도대비로 인하여 불편 현휘가 발생한다. 즉, 휘도대비를 최소화하여야 현휘발생의 문제를 최소화 할수 있으며, 쾌적한 시환경을 조성할 수 있다. 또한, 시야 내 태양이나 광원 등이 직접 노출되어 휘도 값이 25,000cd/m<sup>2</sup>를 넘었을 경우 과도한 빛의 양에 의하여 현휘가 발생하게 되는데 이 때는 휘도대비와 무관하게 불능 현휘가 발생한다.<sup>13)</sup>

### 2.4. 실내 적정 조도 기준

한국의 경우 실내 적정 조도기준을 KS A 3011<sup>14)</sup>으로 제시하고 있으며, 활동 유형에 대하여 조도를 최저, 표준, 최고 조도기준을 제시하고 있다. 이러한 조도기준은 실내의 재실자가 조도에 의하여 느낄 수 있는 빛환경 관련 쾌적도 지표이며, 실내 조명 제어를 위한 기준으로 설정이 가능하다<sup>14)</sup>. 본 연구는 <Table 2>에서 나타나듯이 일반 휘도 대비 시작업 표준조도인 400 lx를 조명 제어 기준으로 설정하는 것과는 무관하게 불능 현휘가 발생한다.<sup>13)</sup>

Table 2. Guidelines of illuminance levels based on KS A 3011

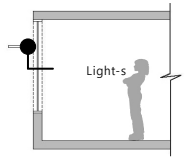

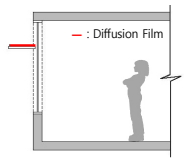

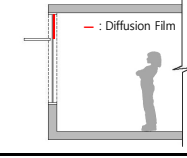
Type of activity	Scope[lx]		
	min.	ave.	max.
Visual Performance according to the degree of high-brightness	150	200	300
Visual Performance according to the degree of general-brightness	300	400	600
Visual Performance according to the degree of low-brightness	600	1000	1500

## 3. 성능평가 환경설정 및 방법

### 3.1. 광선반 성능평가를 위한 확산필름 부착위치 설정

본 연구는 광선반의 채광성능 개선 및 현휘문제를 개선하기 위하여 확산필름을 활용하였으며, 확산필름의 부착위치는 기존 연구결과(9)를 근거하여 광선반 설치시 휘도가 높게 나타나는 광선반의 반사판과 광선반이 설치된 창호의 위쪽 유리로 선정하였다. 이에 따라서 본 연구는 <Table 3>에서 나타나듯이 확산필름의 부착 여부 및 부착 위치에 따라서 다음과 같이 성능평가를 위한 Case를 설정하였다. 첫 번째, 확산필름 미부착(Case 1)으로 기존의 광선반 형태이다. 두 번째, 확산필름을 광선반 반사판에 부착한 타입(Case 2)으로, 확산필름을 광선반 반사판 위에 부착시켰다. 세 번째, 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름이 부착된 타입(Case 3)으로, 광선반의 의하여 실제 빛이 유입되는 광선반 위쪽의 창호 유리면에 확산필름을 부착시켰다.

Table 3. Establishment of the cases for performance evaluation

Case	Diffusion film installation position	
1	No diffusion film installation (existing light-shelf)	
		
2	Diffusion film installation on the reflector	
		
3	Diffusion film installation on the upper glass surface of the window for light shelf installation	
		

### 3.2. 성능평가를 위한 테스트베드 개요

본 연구는 확산필름 부착 위치에 따른 광선반 성능평가를 하기 위하여 테스트베드를 구축하였으며, 테스트베드는 <Table 4>에서 나타나듯이 폭 4.9m, 깊이 6.6m, 높이 2.5m의 크기이다. 광선반이 설치되는 창호의 크기는 폭 2.2m, 높이 1.8m이다. 창호의 크기는 앞서서 언급한 국토해양부의 창호 설계 가이드라인에서 제안하는 창면적비 40%를 근거하여 조정된 결과이다. 또한, 테스트베드는 광원의 광량, 높이 및 각도 조절이 가능한 인공태양광 조사장치를 두어 각 절기에 따른 외부 빛환경 설정이 가능하도록 하였다. 본 연구의 인공태양광 조사장치는 조사장치의 평가 항목인 균일도, 변동율 및 스펙트럼합치도의 평가항목에 의한 A등급으로 실험 및 성능평가에 유효하다. 단, 인공태양광 조사장치는 성능평가에 있어서 실제 태양과는 차이가 있으며, 이는 본 연구의 제한적 요소이다. 또한, 기기의 특성으로 인하여 정남향에 대하여만 성능평가를 진행하였다.

Table 4. Setting of test-bed

<b>Room size, Material</b>	4.9m(W) × 6.6m(D), 2.5m(Ceiling height) Reflexibility : Ceiling(86%), Wall(46%), Floor(25%)
<b>Window size, Material</b>	2.2m(W) × 1.8m(H), Pair glass 12mm (3CL + 6A + 3CL) Transmissivity : 80%
<b>Lighting</b>	8 Level dimming(LED type), Electricity consumption according to the level of dimming lighting control: lv 1(12W), lv 2(18W), lv 3(22W), lv 4(28W), lv 5(34W), lv 6(39W), lv 7(43W), lv8(51W)
<b>External illuminance</b>	Winter : 30,000 lx, Middle season : 60,000 lx, Summer : 80,000 lx
<b>Direction</b>	South
<b>Meridian transit altitude</b>	Winter 29°, Middle season:53°, Summer:76°

본 연구는 8단계 디밍 조명제어가 가능한 LED타입의 조명을 4개 소 설치하였으며, 조명의 위치는 IES 4점법<sup>15)</sup>에 근거한다. 또한, 조도센서는 <Fig. 4>에서 나타나듯이 4개의 조도 센서를 배치하였으며, 조도 센서의 위치는 실내 조도를 측정하기 위치가 채광창으로부터 4.4m가 적합하다는 연구<sup>16)</sup>를 근거로 조정하였다. 또한, 조도센서는 작업면 높이를 근거하여 바닥면으로부터 750mm 지점에 위치시켰다.

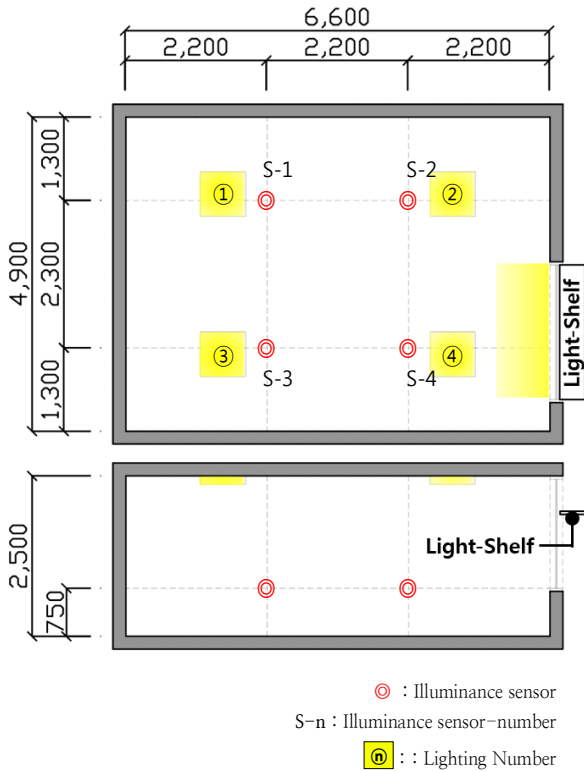


Fig. 4. Indoor illumination sensor and lighting position setting

### 3.3. 광선반 변인 및 확산필름 규격 설정

성능평가를 위한 광선반 변인 설정은 <Table 5>에서 나타나듯이 기존 연구<sup>3,7,15,16)</sup>를 근거하여 성능이 우수하게 나타나는 폭 300mm, 높이 1,800mm으로 제한하였으며, 각도는 -10° 에서 30° 를 범위로 10° 단위 간격으로 설정하였다.

Table 5. Setting of the light-shelf variables

Light-shelf variable	Range
Width (mm)	300 (External type)
Height (mm)	1,800 mm above the floor
Angle	-10°~30° (at 10° intervals)
Reflexibility	Specular reflection film (reflexibility 85%)

본 연구에 적용된 확산필름은 국내의 L사의 제품으로 <Table 6>에서 나타나듯이 투과율 90%, 흐림도 65%의 규격을 가지고 있다. 여기서 흐림도는 빛이 필름을 통과할 때 직접 투과되는 빛의 양과 산란되어 투과하는 양을 측정하여 결정되는 방법으로 고정밀 고속 분광 측정기를 이용하여 얻어진 수치이다.

Table 6. Specification of the diffusion film

Transmittance (%)	Haze (%)	Thickness (μm)
90	65	125

### 3.4. 성능평가 방법

본 연구의 성능평가 방법은 다음과 같다. 첫 번째, 광선반의 조명에너지 저감 성능분석을 위하여 각 Case에 따른 실내 조도 400 lx를 만족하기 위한 조명 디밍제어 단계 및 전력사용량을 산출하였다. 본 연구의 성능평가를 위한 조명 디밍제어는 조도 센서 1, 2, 3, 4번과 조명 1, 2, 3, 4번을 각각 연동하였으며, 측정되는 조도 센서의 값 중 최소값이 400 lx 미만이 발생하는 경우 조명 디밍제어가 이루어지도록 하였다. 조명 디밍제어는 가장 낮은 값을 보이는 조도센서와 연동된 조명부터 순차적으로 디밍 단계를 높이며, 이러한 과정중 모든 조도센서의 측정값이 400 lx를 만족시 조명제어를 종료되도록 하였다.

본 연구는 조명제어가 종료되는 시점의 조명제어 단계를 근거로 조명 전력사용량을 산출하였으며, 조명전력 사용량 산출은 하지, 중간기, 동지에 대하여 각각 1시간을 반영하였다. 두 번째, 본 연구는 <Fig. 5>에서 나타나듯이 8개의 지점에 대하여 휘도값을 도출하였으며, 휘도를 측정하기 위한 위치는 사람의 눈높이를 고려하여 바닥으로부터 1.5m 높이로 실내 공간의 깊이를 고려하여 채광창으로부터 5.5m 떨어진 위치에서 측정 지점에 대한 휘도를 측정하였다. 휘도 측정은 핸디타입의 고정밀도 휘도계로 측정하였으며, 본 연구에서 사용된 휘도계의 오차범위는 0.2%이다. 단, 광선반의 반사판에 대한 휘도 측정은 인공광원을 사용하는 본 연구의 특성상 총 8개의 지점의 값을 측정하여 평균값으로 도출하였다. 휘도 값에 대한 분석은 앞서서 고찰하였듯이 최소휘도에 대한 최대휘도로 휘도 대비의 값을 도출하여 비교 분석하였다.

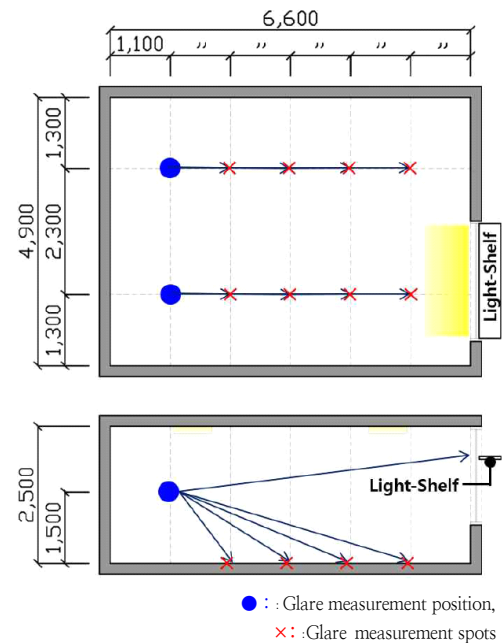


Fig. 5. Glare measurement position and measurement spots

Table 7. Performance evaluation result (Lighting distribution and lighting electricity consumption)

Case	Angle	Summer				middle season				Winter			
		Illumination(lx)		Lighting dimming control : Lighting Number(Dimming level)	E.C (kWh)	Illumination(lx)		Lighting dimming control : Lighting Number(Dimming level)	E.C (kWh)	Illumination(lx)		Lighting dimming control : Lighting Number(Dimming level)	E.C (kWh)
		Min.	Ave.			Min.	Ave.			Min.	Ave.		
1	-10°	151.4	415.5	1(8) → 2(2)	0.069	294.8	952.7	1(4)	0.027	570.6	5826.6	1(0)	0
	0°	160.3	418.6	1(8) → 2(2)	0.069	273.0	738.0	1(4)	0.027	585.4	5853.5	1(0)	0
	10°	163.5	427.5	1(8) → 2(2)	0.069	284.7	745.2	1(4)	0.027	603.0	5865.5	1(0)	0
	20°	171.1	425.9	1(8) → 2(1)	0.063	<b>304.8</b>	<b>765.4</b>	<b>1(3)</b>	<b>0.022</b>	621.8	5883.1	1(0)	0
	30°	<b>200.1</b>	<b>489.1</b>	<b>1(8)</b>	<b>0.050</b>	325.8	974.3	1(3)	0.022	616.6	5885.4	1(0)	0
2	-10°	116.8	316.8	1(8) → 2(3)	0.072	223.1	723.1	1(8) → 2(1)	0.063	433.6	4427.8	1(0)	0
	0°	120.8	316.8	1(8) → 2(3)	0.072	206.5	560.1	1(8) → 2(1)	0.063	442.3	4448.0	1(0)	0
	10°	122.2	324.6	1(8) → 2(3)	0.072	215.3	566.1	1(8) → 2(1)	0.063	458.3	4464.7	1(0)	0
	20°	129.9	324.1	1(8) → 2(3)	0.072	233.7	583.0	1(7)	0.050	474.6	4471.4	1(0)	0
	30°	<b>153.7</b>	<b>371.1</b>	<b>1(8) → 2(2)</b>	<b>0.069</b>	<b>245.6</b>	<b>740.8</b>	<b>1(5)</b>	<b>0.050</b>	465.1	4472.2	1(0)	0
3	-10°	135.9	374.2	1(8) → 2(2)	0.069	266.3	858.1	1(6)	0.050	511.5	5243.4	1(0)	0
	0°	144.4	377.4	1(8) → 2(2)	0.069	246.6	664.6	1(6)	0.038	528.9	5268.2	1(0)	0
	10°	149.0	385.5	1(8) → 2(2)	0.069	257.9	670.9	1(5)	0.038	543.6	5278.6	1(0)	0
	20°	160.4	384.0	1(8) → 2(2)	0.069	272.8	689.4	1(4)	0.034	561.5	5294.7	1(0)	0
	30°	<b>194.2</b>	<b>440.9</b>	<b>1(8)</b>	<b>0.050</b>	<b>293.2</b>	<b>877.8</b>	<b>1(3)</b>	<b>0.022</b>	555.8	5297.3	1(0)	0

U : Uniformity ratio, E.C : Electricity consumption

Table 8. Minimum lighting energy consumption for each case depending on the angle control

Case	Calculation of the lighting electricity consumption for each season(KWh)			Sum of the lighting energy consumption (KWh)
	Summer	middle season	Winter	
1	0.050	0.022	0	0.072
2	0.069	0.050	0	0.119
3	0.050	0.022	0	0.072

Table 9. Performance evaluation result (Luminance and luminance contrast)

Case	Angle	Summer				middle season				Winter			
		I (cd/m2)		L	L.C	I (cd/m2)		L	L.C	I (cd/m2)		L	L.C
		Max.	Ave.			Max.	Ave.			Max.	Ave.		
1	-10°	<b>8,740.2</b>	<b>1203.9</b>	<b>8,740.2</b>	<b>6.3</b>	<b>1545.2</b>	<b>11002.4</b>	<b>11,002.4</b>	<b>6.1</b>	3525.6	18983.2	18,983.2	4.4
	0°	8,802.4	1214.0	8,802.4	6.3	1651.3	11874.0	11,874.0	6.2	3463.5	19045.2	19,045.2	4.5
	10°	8,874.2	1199.2	8,874.2	6.4	1677.2	12063.2	12,063.2	6.2	3503.9	19126.3	19,126.3	4.5
	20°	8,941.2	1215.5	8,941.2	6.4	1649.2	12110.3	12,110.3	6.3	3516.8	19199.9	19,199.9	4.5
	30°	9,441.2	1265.0	9,041.2	6.5	1871.3	14702.3	14,702.3	6.9	<b>3640.7</b>	<b>19010.0</b>	<b>19,010.0</b>	<b>4.2</b>
2	-10°	<b>7,341.8</b>	<b>1020.0</b>	<b>7,341.8</b>	<b>6.2</b>	<b>1287.9</b>	<b>9022.0</b>	<b>9,022.0</b>	<b>6.0</b>	3003.2	15851.0	15,851.0	4.3
	0°	7,396.0	1028.3	7,396.0	6.2	1377.5	9736.7	9,736.7	6.1	2999.1	15902.7	15,902.7	4.3
	10°	7,354.3	1010.0	7,354.3	6.3	1388.2	9891.8	9,891.8	6.1	2957.2	15970.5	15,970.5	4.4
	20°	7,612.6	1026.6	7,612.6	6.4	1374.8	9930.4	9,930.4	6.2	2939.1	16031.9	16,031.9	4.5
	30°	7,994.6	1077.4	7,994.6	6.4	1539.3	12055.9	12,055.9	6.8	<b>3091.8</b>	<b>15873.4</b>	<b>15,873.4</b>	<b>4.1</b>
3	-10°	<b>6,904.8</b>	<b>954.3</b>	<b>6,904.8</b>	<b>6.2</b>	<b>1202.2</b>	<b>8471.8</b>	<b>8,471.8</b>	<b>6.0</b>	2771.6	14427.2	14,427.2	4.2
	0°	6,953.9	964.2	6,953.9	6.2	1296.5	9143.0	9,143.0	6.1	2794.3	14474.4	14,474.4	4.2
	10°	7,010.6	968.9	7,010.6	6.2	1314.2	9288.7	9,288.7	6.1	2766.4	14536.0	14,536.0	4.3
	20°	7,063.5	974.1	7,063.5	6.3	1304.2	9324.9	9,324.9	6.1	2693.6	14591.9	14,591.9	4.4
	30°	7,142.5	975.2	7,142.5	6.3	1446.3	11320.8	11,320.8	6.8	<b>2920.4</b>	<b>14447.6</b>	<b>14,447.6</b>	<b>3.9</b>

I : Indoor luminance, L : Luminance for the window above the light-shelf, L.C : Luminance contrast

#### 4. 성능평가 결과 및 논의

본 연구는 확산필름 부착 위치에 따른 광선반 성능평가 연구로 결과는 다음과 같다.

첫 번째, 확산필름을 반사판에 부착한 타입(Case 2) 및 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름이 부착된 타입(Case 3)은 <Table 7>에서 나타나듯이 확산필름을 미부착(Case 1)에 대비하여 평균조도가 낮게 나타나고 있으며, 이는 확산필름의 적용에 따른 실내로 유입되는 광량의 저하를 그 원인으로 찾을 수 있다.

두 번째, 광선반의 각도의 증가는 광선반을 통하여 실내로 유입되는 광량을 증가시키며, 이에 따라서 조명에너지 저감에도 적합한 것으로 분석된다.

세 번째, 확산필름을 반사판에 부착한 타입(Case 2)은 <Table 7>과 <Table 8>에서 나타나듯이 확산필름을 미부착(Case 1)에 대비하여 조명에너지 사용량이 39.5% 증가하고 있어서 부적합하게 분석되며, 이는 <Fig. 6>에서 나타나듯이 광선반 반사판에서 이루어지는 확산으로 인해 자연광이 실내로 유입되기보다는 외부로 반사시키는 경우가 발생하기 때문이다. 반면, 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름이 부착된 타입(Case 3)은 확산필름을 미부착(Case 1)에 대비하여 조명에너지 사용량이 동일하게 나타나고 있으며, 이는 확산필름에 의하여 실내로 유입되는 자연광을 실내 전반으로 확산시킴으로써 발생하는 효과로 판단된다.

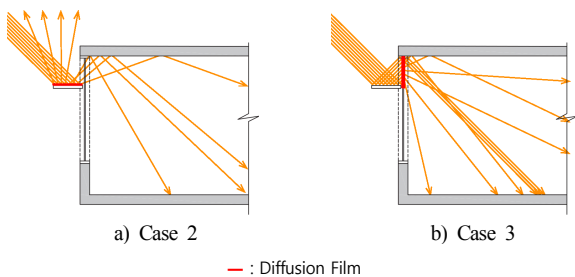


Fig. 6. Introduction of light depending on the diffusion film installation position

네 번째, 확산필름을 미부착 (Case 1), 확산필름을 반사판에 부착한 타입(Case 2) 및 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름이 부착된 타입(Case 3)의 각도제어에 따른 휘도대비를 도출한 결과는 <Table 9>와 같은 결과를 보이고 있으며, 이는 앞서서 고찰한 현휘를 발생시키는 조건에는 부합되지 않는다. 다만 앞서서 고찰하였듯이 광선반은 반사를 통하여 자연광을 실내로 유입시킨다는 측면에서 휘도대비 값을 최소로 하여 현휘 발생을 최소화 하는 것이 적합하며, 이러한 측면에서 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름이 부착된 타입(Case 3)이 확산필름을 미부착 (Case 1), 확산필름을 반사판에 부착한 타입(Case 2)에 대비하여 평균 23%, 7.6%로 휘도 값이 낮게 나타나 현휘 문제 해결에 적합할 것이라 판단된다.

다섯 번째, 앞서서 제시하였듯이 광선반의 각도의 증가는 실내로 유입되는 광량을 증가시켜 조명에너지 저감에는 유리하게 분석되나, 휘도 값을 증가시켜서 현휘를 발생시킬 수 있다. 이는 광선반 설계시 고려해야할 요소이다.

여섯 번째, 중간기 광선반 20°의 경우에는 <Fig. 7>에서 나타나듯이 광선반의 반사를 통하여 외부 자연광이 실내로 유입되는 과정에서 현휘를 발생할 수 있으며, 휘도대비 값도 높게 나타남에 따라서 광선반 설계 및 가동 시 고려해야 할 요소이다.

위의 내용들을 바탕으로 광선반을 설치시 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름을 부착하는 것이 기존 광선반의 가지는 조명에너지 성능을 유지할 수 있으며, 현휘 문제를 개선할 수 있다는 점에서 적합하다.

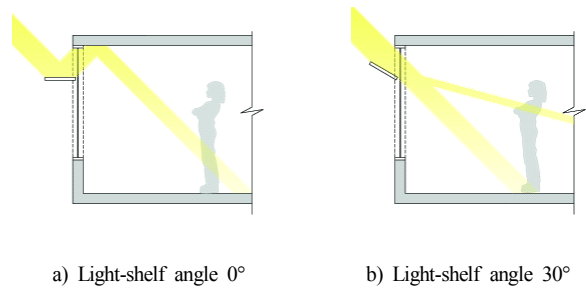


Fig. 7. Introduction of light depending on the angle of the light-shelf for the vernal and autumnal equinoxes

#### 5. 결론

본 연구는 광선반의 채광성능 및 현휘 문제를 개선하기 위하여 확산필름을 활용하였으며, 확산필름 부착위치에 따른 성능평가를 진행하여 광선반 설계시 기초자료를 구축하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

- (1) 확산필름을 적용시 광선반을 통하여 유입되는 광량은 저하되며, 이에 따라서 실내의 평균조도는 감소된다.
- (2) 확산필름이 부착된 광선반은 확산필름이 부착된 위치에 따라서 채광성능의 차이를 보이며, 특히 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름이 부착된 타입(Case 3)의 경우에는 기존의 광선반이 가지는 조명에너지 저감 효율과 동일하게 나타난다. 반면, 확산필름을 반사판에 부착한 타입(Case 2)의 경우에는 반사과정에서 자연광을 실내로 유입시키지 못하는 경우가 발생하여 조명에너지 저감에 불리하다.
- (3) 본 연구에서 설정한 Case에 대하여 현휘를 분석한 결과 현휘를 발생시키는 조건에는 부합되고 있지 않으나, 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리면에 확산필름이 부착된 타입(Case 3)은 휘도대비를 낮추어 현휘 문제를 최소화 할 수 있다는 측면에서 유의미하다.
- (4) 광선반의 특정 각도는 외부 조건에 따라서 휘도를 높여서 현휘 문제를 발생시킬 수 있으며, 이는 광선반 설계 시 고려해야 한다.
- (5) 위의 내용을 근거로 광선반의 채광성능 및 현휘 문제를 개

선하기 위한 확산필름 부착위치는 광선반이 설치되는 창호의 위쪽 유리 부분으로 분석된다.

본 연구는 광선반의 특성에 의하여 발생하는 현휘문제를 해결하기 위한 방안으로 확산필름을 제안하였으며, 부착위치에 대한 성능평가를 진행하였다는 점에서 의미를 가진다. 그러나 본 연구는 인공태양광 조사장치 등 인공환경 및 특정 변인에 의한 성능평가를 진행하고 있어서 한계를 가지고 있으며, 다양한 내외부 환경요인 및 시뮬레이션 등의 의한 광학적 분석이 요구된다. 이에 이를 해결하기 위한 후속 연구들이 지속되어야 할 것이다.

### Acknowledgements

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government(NRF-2016R1C1B1006807)

### Reference

- [1] 건물에너지 소비표본 조사, 한국에너지경제연구원 // Building energy consumption survey, Korea Energy Economics Institute
- [2] 국토해양부, 에너지절약설계지침, 2012 // Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Window design guidelines for building energy saving, 2012
- [3] 이행우, Kyle Eric Rogers, 서장후, 김용성, “결정면 적용 광선반 채광성능 평가 연구”, 설비공학논문집, 제 27권 제 8호, pp. 395-401, 2015 // Lee, Heangwoo, Kyle Eric Rogers, Seo, Janghoo, Kim, Yongseong “A Study on Lighting Performance Evaluation of Light-Shelf using Crystal Face.”, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 27, No. 8, pp. 395-401, 2015
- [4] Yaik-Wah Lima, b, C.Y.S. Henga, “Dynamic internal light shelf for tropical daylighting in high-rise office buildings. Building and Environment”, Vol. 106, pp. 155-166, 2016
- [5] 장유근, “창호거치 태양광발전 가변형광선반 설계 및 기초적발전 성능에 관한 연구”, 한국생태환경건축학회, 제 13권 제 6호, 105-111, 2013 // Chung, Yu-Cun.: “A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows.”, KIEAE Journal, Vol. 13, No. 6, 105-111, 2013
- [6] Liu, Yue, M.B.S, “Effective light shelf and form finding: Development of a light shelf design assistant tool using parametric methods.”, University of Southern California, 2013
- [7] 김동수, 윤종호, 신우철, 이광호, “광선추적기법을 활용한 곡면형 광선반시스템 설계 및 채광성능평가.”, 한국태양에너지학회, 제 31권 제 4호, pp. 136-141, 2011 // Kim, Dong-Su, Yoon, Jong-ho, Shin, Woo Chul & Lee, Kwang-Ho, “Evaluation of daylighting performance and design of a curved-lightshelf by the ray tracing method.”, urnal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 31, No. 4, pp. 136-141, 2011
- [8] 김덕우, 박철수, “외피친환경성능평가 II: 광선반, RetroLux”, 한국태양에너지학회 학술대회논문집, 83-90, 2009 // Kim, Deuk-Woo & Park, Cheol-Soo, “Performance Assessment of Building Envelopes II: LightShlef, RetroLux.”, Proceedings of the KSES 2009 Spring Annual Conference, 83-90, 2009
- [9] 한은수, 육대근, 진경일, 윤종호, “광선반의 불쾌현위에 대한 대책 연구.”, 한국건축환경설비학회 추계발표대회 논문집, pp. 246-250, 2008 // Han, Eun-Su, Yook, Dae-Keun, Chin, Kyung-II., Yoon, Jong Ho, “A study on the of measure discomfort glare for light shelves.” Proceedings of the KIAEBS 2008 Autumn Annual Conference, pp. 246-250, 2008
- [10] 신화영, 안현태, 김정태, “혼합형 채광조절장치가 실내공간의 휘도 분포에 미치는 영향에 관한 Mockup 실험평가.”, 한국생태환경건축학회, 제 7호 제 1권, pp. 65-72, 2007 // Sin, Hwa Young, Ahn, Hyun Tae & Kim, Jeong Tai, “Luminance Performance of a Room with Light Guide and Blind Systems by Mockup Experiments.” KIEAE Journal, Vol. 7, No. 1, pp. 65-72, 2007
- [11] 김정민, 신화영, “Mock-up을 이용한 일반창호 및 경사형 광선반 창호의 채광성능에 관한 비교실험”, 한국생태환경건축학회, 제 6권 제 2호, pp.67-74, 2006 // Kim, Jeong Tai & Sin, Hwa Young, “Comparative Daylighting Performance of an Interior with Lightshelves and Conventional Glazing: A Mock-Up Experiment.” KIEAE Journal, Vol. 6, No. 2, pp. 67-74, 2006
- [12] 문기훈, 김정태, “Lightscape를 이용한 광선반 창호시스템의 채광성능평가.”, 한국생태환경건축학회, 제 4권 제 4호, pp. 45-52, 2004 // Moon, Ki Hoon, & Kim, Jeong Tai, “Daylighting Performance Evaluation of Lightshelf Window System by Lightscape.”, KIEAE Journal, Vol. 4, No. 4, pp. 45-52, 2004
- [13] 이종영, 이주운, 김지현, 송규동, “고층건물 외장재의 태양광 경면 반사에 의한 눈부심 영양평가”, 한국건축환경설비학회 학술발표논문집, pp. 127-131, 2009 // Lee, Jong-Young, Lee, Ju-Yoon, Kim, Ji-Huun, Song, Kyoo-Dong, Evaluating Glare in due to Solar Specular Reflection from a High-rise Building Skin, Journal of Proceedings of the KIAEBS 2009 Autumn Annual Conference, pp. 127-131, 2009
- [14] 한국 표준 서비스 네트워크, 권장 조명 레벨, 1998 // Korean standards service network, Recommended levels of illumination, 1998.
- [15] 주근탁, 최안섭, “공동주택의 조도측정 및 평균조도 산출방법.”, 조명·전기설비학회논문지, 제 20권 제 5호, pp. 1-8, 2006 // Joo, Keun-Tak, Choi, An-Seop, “Measurement and Computing Method of the Average Illuminance in Residential Areas”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Elctrical installation Engineers, Vol. 20, No. 5, pp. 1-8, 2006
- [16] 정봉근, 최안섭, “광센서 조광제어시스템의 광센서 최적 방향성과 위치에 관한 실험적 연구.”, 조명·전기설비학회논문지, 제 19권 제 5호, pp. 8-14, 2006 // Jung, B. K and Choi, A. S., An experimental study of the optimum spatial characteristics and location of photosensor for daylight responsive dimming systems, Journal of the Korean Institute of Illumination and Electrical Installation Engineers, Vol. 17, No. 5, pp. 8-14, 2003.