

전반사를 이용한 자연채광 블라인드 디자인

심충건^{1*}

¹주성대학 컴퓨터응용기계과

A Blind Design of Sunlighting Using Total Reflection

Choong-Gyun Sim^{1*}

¹Department of Computer Applied Mechanical Engineering, Juseung Colledge

요약 본 논문은 자연채광용 새로운 블라인드 디자인을 제시하고 있다. 소재는 투명하지만, 블라인드 단면이 한 변이 직각형인 사다리꼴 형태이다. 블라인드의 소재는 PMMA 이다. 한 변이 직각형인 사다리꼴 형태에서, 블라인드의 정면은 지면에 수직으로 형성되나, 그 후면은 전면 쪽으로 약간 기울어져 있다. 전면에서 입사된 빛은 경사진 후면에 의하여 전반사되어 진다. 만약, 단면에서 후면의 경사각이 15°이면, 태양고도가 45° 보다 낮을 때 태양 빛이 블라인드를 투과하게 되나, 그 보다 높을 때에는 창밖으로 반사시키게 된다. 본 논문에서 제시하는 블라인드는 기존의 블라인드 장치에 블라인드만 교체하여 적용이 가능하며, 비록 투명하지만 한 낮의 태양빛을 모두 전반사시켜 되돌려 보낸다. 재료가 투명하기 때문에 창밖의 외부를 볼 수 있다. 본 제시된 디자인에서 후면의 다양한 경사각에 대하여 태양의 고도에 따른 전반사 효과를 시뮬레이션하였다. 본 논문에서 제시하는 블라인드 디자인에 의하여 전반사 일어나고 있음을 확인하였으며, 한 낮의 태양빛을 차단하는 효과적인 수단임을 알 수 있었다.

Abstract The new blind design of sunlighting has been suggested in this study. The material in this blind becomes transparent but the blind has the parabolic edge section having the perpendicular line on a side. The material of this blind is PolyMethly MethAcrylate(PMMA). In this parabolic edge section, the front side of the blind is designed perpendicular to the ground. But the back side is a little tilted to the front side. The rays of reflected sun at the front side can be easily reflected totally by the back side. If the inclination angle in this parabolic edge section at the back side is designed with 15°, it can transmit the rays of sun when the height of the sun is lower than 45°. But it can reflect the rays of sun when the height of the sun is upper than 45°. The suggested design of blind can be applied to the existing blind installation. Although the material in this blind becomes transparent, the rays of sun can be reflected totally at midday. There is also prospect outside of the blind because the material becomes transparent. Several inclination angles in the suggested design have been simulated for the various height of sun. Total reflections have been occurred by the suggested blind design at midday and it can be useful to shut out the sunlight.

Key Words : Sunlighting, Total Reflection, Blind

1. 서론

실내의 인공조명 환경은 사람의 시력 및 감성에까지 영향을 준다고 보고가 있다[1,2]. 이에 비하여 점차 중요시 되고 있는 자연채광은 실내 생활이 점차 늘어나는 현대 인간의 질병예방에도 유효하다는 연구가 있다[3]. 실내의 자연채광은 유리창으로부터 시작되는데, 햇빛을 차

단하는 방법으로 유리창에 필름을 부착하거나 블라인드 장치를 이용한다. 필름은 가변적인 차단이 아니라 고정형에 속한다. 그러나, 블라인드는 사용자의 결정에 따라 대개 수동적으로 햇빛의 차단과 채광을 제어할 수 있다. 블라인드 장치에 사용되는 블라인드 소재로는 박판의 플라스틱류이거나 알루미늄 금속도 있다. 소재의 특성은 가벼우면서도 햇빛의 투과를 차단할 수 있다. 대체로 한 낮에

*교신저자 : 심충건(simcg@jsc.ac.kr)

접수일 11년 11월 21일

수정일 11년 12월 21일

재제확정일 12년 01월 05일

유리창의 블라인드를 내리게 되면 실내는 어두지고 창밖의 시야도 사라진다. 또한, 한 낮에 채광량을 제어하기 위해서는 햇빛이 도달하는 블라인드면의 방향을 수동으로 제어하기도 한다.

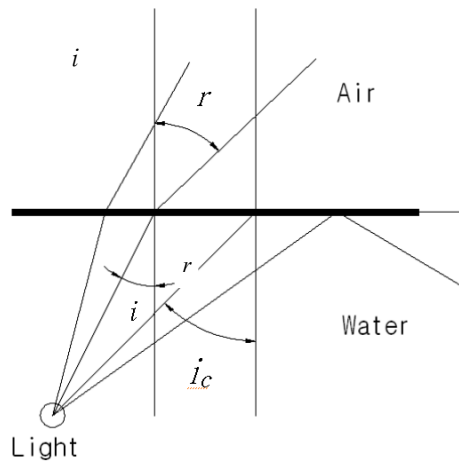
일반적으로 투명한 소재는 블라인드로 사용되지 못하는데, 햇빛의 차단이 어렵기 때문이다. 그러나, 투명 한 소재로 햇빛만 차단된다면, 창밖의 시야는 사라지지 않을 것이다. 또한, 아침이나 저녁의 태양 빛은 받아들여지되, 한 낮의 뜨거운 태양빛을 차단할 수 있는 블라인드라면, 자연채광 블라인드로서 의미가 있다. 기존에 태양의 고도에 따른 실내 조도를 일정하게 유지하기 위한 센서 부착형 블라인드 제어장치에 대한 연구가 있었고[4], 이중 블라인드를 이용하여 인공조명 시간을 단축하려는 연구도 있었다[5]. 또한, 블라인드 스렛의 각도를 제어하여 채광량을 조절하거나[6,7], 블라인드 장치에 따른 실내 자연채광 효과를 평가하는 연구는 있었지만[8], 투명 소재를 통한 자연채광에 대한 연구는 없었다.

본 연구에서는 창 밖의 시야를 확보하는 투명한 소재인 PMMA 아크릴을 이용하여 블라인드를 제작하며, 아침이나 저녁의 태양빛은 실내로 들어오되, 한 낮의 태양 빛은 차단되는 블라인드 디자인을 제시하였다. 본 연구에서 제시되는 블라인드의 단면은 한 변이 직각인 사다리꼴 형상이다. 전면은 지면에 수직으로 되어 있으나, 후면은 전면쪽으로 경사지게 설계되어 있다. 투명한 소재로서 태양빛을 차단하는 방법으로 경사진 후면에서의 전반사 원리를 적용하였다. 본 연구에서는 한 변이 직각인 사다리꼴 형상의 단면을 가진 투명 블라인드에 대하여 태양의 고도 변화에 따른 전반사 현상을 광학 프로그램으로 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션을 통하여 자연채광 블라인드로서의 가능성을 검토하였다.

2. 자연채광 블라인드 설계

2.1 임계각과 전반사

빛이 서로 다른 매질을 통과 할 때, 매질의 경계면에서 굴절 또는 반사가 일어난다. 특히, 빛은 매질이 밀한 곳에서 소한 매질로 나아갈 때, 입사각이 임계각, i_c 보다 커지면 100% 반사를 일으키는데, 이러한 현상을 전반사라고 한다.



여기서,

i = 입사각

r = 굴절각

[그림 1] 물과 공기에서의 임계각

[Fig. 1] Critical angle between air and water

그림 1에서 물은 공기보다 밀하고 절대 굴절률이 크다. 스넬의 법칙[9](Snell's law)에 따라 물속에서 나아가는 빛이 공기와의 경계면에 도달했을 때, 입사각, i 가 점점 커지면서 굴절각, r 이 90° 에 도달하게 되는데, 이때 부터 빛은 외부로 나아가지 못하고 전부 물 아래로 되돌아가는 전반사가 시작된다. 이때의 입사각을 임계각도, i_c 라 정의하며, 다음과 같이 표현된다.

$$\sin(i_c) = n_2/n_1 \quad (1)$$

여기서, i_c = 임계각도(물/공기, 48.6°)

n_1 = 굴절률(물, 1.33)

n_2 = 굴절률(공기, 1.00)

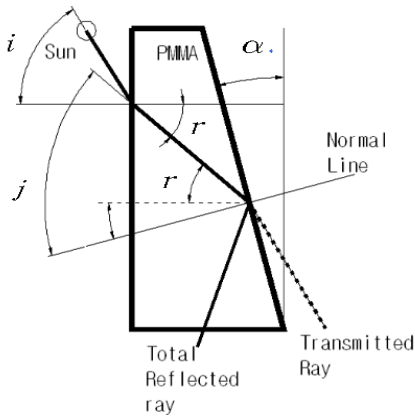
2.2 전반사 블라인드 설계

소재 PMMA 의 일반적인 광 특성으로 가시광선 투과율은 93% 정도이고, 빛의 굴절률은 1.49 정도이다. 이 굴절률을 식(1)에 대입해 보면, PMMA 의 임계각도는 42° 정도 된다. 그림 2 는 한 변이 수직인 사다리꼴의 단면을 가진 블라인드 형상을 보여 주고 있다. 이 블라인드 단면의 전면으로 햇빛이 입사된다고 보면, 그 입사각은 태양의 일중 고도로서, 우리나라에서는 0° 에서 하짓날 76.5° 까지 변하게 된다. 이 경우 굴절각, r 는 최대 40° 를 넘지 못한다. 만약, 블라인드의 후면도 전면과 같이 평행하다면, 굴절된 빛이 후면을 통과할 때의 입사각, j 는 식(2)에

의하여 40° 이고, 즉, PMMA 의 임계각 42° 를 넘지 못함으로 전반사가 절대 일어나지 못하는 조건이 된다. 그러나, 그림 2 에서와 같이 후면이 전면 쪽으로 일정한 경사각, α 를 지니게 되면, 후면에서 입사되는 빛의 입사각, j 는 굴절각, r 에 경사각, α 가 더해지게 된다.

$$j = r + \alpha \quad (2)$$

이렇게 될 경우, 40° 를 넘지 못하던 후면에서의 입사각, j 는 경사각에 의하여 임계각 42° 를 훌쩍 뛰어 넘을 수 있게 된다. 즉, 후면에서 전반사가 가능하게 된다.



- 여기서, i = 전면 입사각, 태양고도
- r = 전면 굴절각
- j = 후면 입사각
- α = 후면 경사각

[그림 2] 사다리꼴 단면의 블라인드 디자인
[Fig. 2] The blind design having a parabolic edge section

만약, 후면에서의 경사각, α 를 15° 로 주어지면, 태양 고도가 45° 일 때, 굴절각, r 는 스넬의 굴절 법칙에 의하여 28° 정도로 나타난다. 그러면, 후면에서 입사되는 빛의 입사각, j 는 식(2)에 의하여 43° 가 된다. 즉, 경사각을 15° 정도만 주어도 태양고도 45° 이상에서는 전반사가 일어나게 된다. 태양고도와 전반사 조건을 결정하는 것은 후면의 경사각, α 이다. 후면의 경사각, α 에 의해서 전반사 조건의 태양 고도가 결정되면, 그 고도 이하에서의 빛은 투과 되지만, 그 이상의 빛은 모두 전반사되어 차단 되게 된다. 여기서, 블라인드의 전후면의 표면 거칠기는 빛의 산란이 일어나지 않도록 거울면 수준으로 관리되어야 한다.

3. 블라인드 전반사 시뮬레이션

3.1 후면 경사각과 전반사 조건

표 1은 식(2)의 후면 입사각, j 가 PMMA 의 임계각인 42° 를 넘게 되는 태양의 고도, i_c 를 구하였다. 표 1에서, 블라인드의 경사각 α 가 점점 커짐에 따라 전반사가 일어나는 태양의 고도는 점차 낮아짐을 알 수 있다. 우리나라에서 태양고도가 가장 낮은 동지일 때, 고도가 29.5° 이고, 춘분에서 53° , 하지에서 76.5° 그리고 다시 추분에서 53° 로 변화하는 것을 감안하면, 블라인드의 후면 경사각, α 는 25° 이상이 한낮의 태양빛을 차단하기에 좋은 결과를 가져다 줄 것으로 판단된다.

[표 1] 후면 경사각에 따른 전반사 태양고도
[Table 1] The height of sun having total reflection by the angle of inclination at the back side

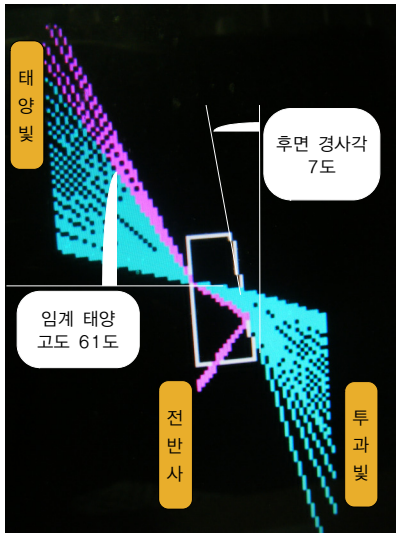
Angle of inclination at the back side($^\circ$), α	Height of the sun($^\circ$), i_c
7	61
10	55
15	45
20	37
25	29

3.2 자연채광 시뮬레이션

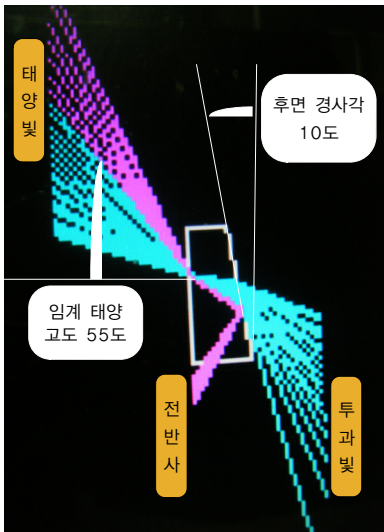
태양고도 변화에 따른 블라인드의 전반사 효과를 후면 경사각, α 에 따라 진행하였다. 그림 3 에서 α 가 7° 일 경우 태양고도 61° 이상에서 전반사가 일어나는데, 우리나라의 계절별 태양고도를 보면, 4월 하순에서 9월 초순 정도까지 태양고도가 61° 를 상회하므로 한 낮의 태양빛을 차단 할 수가 있다. 그림 4 에서 α 가 10° 일 경우에는 태양고도 55° 이상에서 전반사가 일어나는데, 이는 3월 중순에서 10월 초순까지 한낮의 태양빛을 차단이 가능하고, 그림 6 에서 α 가 20° 일 경우 태양고도 37° 이상에서 전반사가 일어나는데, 2월 중순에서 10월 말 정도까지 태양고도가 37° 를 상회하므로 한 낮의 태양빛을 차단 할 수가 있다. 또한, 그림 5 및 7 에서 보듯이 하늘색으로 표현되는 투과빛에 의하여 실내에서 외부 조망이 가능하지만, 외부의 높은 위치에서는 분홍색으로 표현되는 빛이 대부분 전반사되므로 실내를 들여다 보기 어렵게 된다.

본 광 경로 시뮬레이션에서는 태양 고도의 최소값을 20° , 최고값은 70° 으로 설정하고 고도 변화량을 2° 로 하

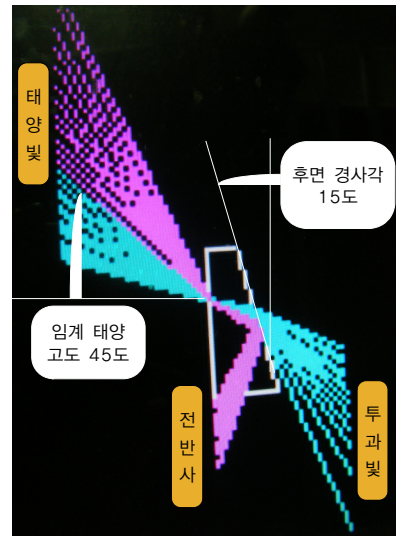
여 각기 다른 후면 경사각에 대하여 전반사 임계각도를 찾아가는 알고리즘으로 구성되었다.



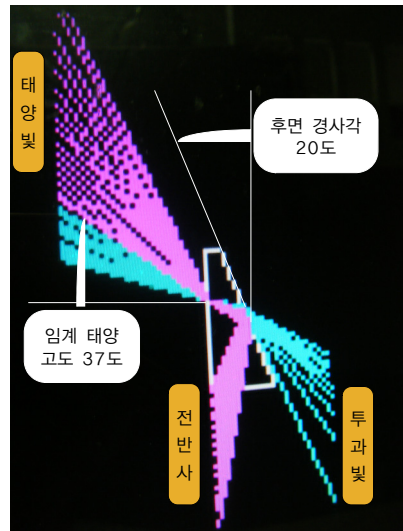
[그림 3] 후면 경사각 7°에 대한 태양고도 변화와 전반사 시뮬레이션
 [Fig. 3] Simulation results of sun's rays with the inclination angle, 7°



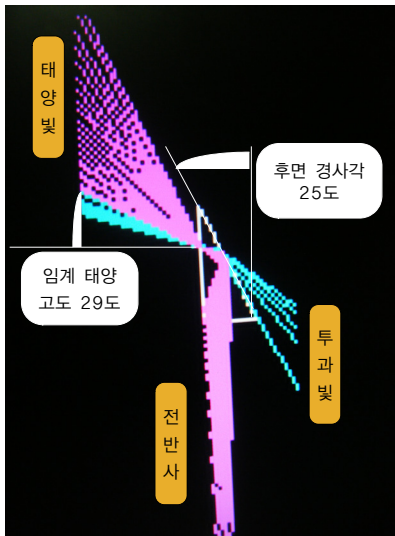
[그림 4] 후면 경사각 10°에 대한 태양고도 변화와 전반사 시뮬레이션
 [Fig. 4] Simulation results of sun's rays with the inclination angle, 10°



[그림 5] 후면 경사각 15°에 대한 태양고도 변화와 전반사 시뮬레이션
 [Fig. 5] Simulation results of sun's rays with the inclination angle, 15°



[그림 6] 후면 경사각 20°에 대한 태양고도 변화와 전반사 시뮬레이션
 [Fig. 6] Simulation results of sun's rays with the inclination angle, 20°



[그림 7] 후면 경사각 25° 에 대한 태양고도 변화와 전반사 시뮬레이션

[Fig. 7] Simulation results of sun's rays with the inclination angle, 25°

4. 결론

본 연구에서 투명한 소재인 PMMA 를 사용하고도 한 낮의 태양 빛을 차단할 수 있는 새로운 개념의 블라인드 디자인을 제시하였다. 본 연구의 진행과정과 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 자연채광형 블라인드 디자인을 위하여 투명한 PMMA 소재를 사용하였다.
2. 외부 태양 빛을 차단하기 위하여 전반사 효과를 가져다 주는 한 변이 수직인 사다리꼴 단면의 블라인드 디자인을 제시하였다.
3. 사다리꼴 단면의 후면 경사각에 따른 태양 빛의 전반사 차단 효과를 다양한 각도에 대하여 광선 경로 시뮬레이션을 수행하였다.
4. 다양한 시뮬레이션 결과 후면 경사각 20°에서 태양 고도가 37° 를 넘는 경우는 빛은 전반사효과로 차단되는 것을 알 수 있었고, 후면경사각이 더욱 크게 되면 더욱 낮은 고도의 태양빛도 차단됨을 알 수 있었다.

본 연구에서 제시된 사다리꼴 단면의 투명 소재 블라인드를 기존 블라인드 장치에 적용하면, 아침 및 저녁의 태양빛은 실내로 들어오되, 한 낮의 뜨거운 태양빛은 차

단하는 친 자연환경적 블라인드로서의 역할이 가능하고, 투명한 소재 덕분에 창밖의 경치를 볼 수 있을 것으로 기대 된다.

References

- [1] Kyeoung-Ae Mun, Moo-Sik Lee, Baeg-Ju Na, Jin-Yong Lee, Jee-Young Hong, Seok-Hwan Bae, Se-Jong Yoo, "Related Factors with Decreased Visual Acuity of Elementary School Students", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Autumn Conference, pp. 677-680, 2010.
- [2] Sang-Seok Han, "Emotional Lives of Students in the Classroom Space LED Fluorescent Lamp for Sensitivity Lighting", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 11, No. 9, pp. 3446-3450, 2010.
- [3] Hyo-Sung Lee, Lee-Dong Park, "Daylighting System's Effects on the Living Space and Curing Disease", Journal of the Korea Solar Energy Society, Vol. 5, No. 3, pp. 3-6, 2006.
- [4] Hwa-Young Shin, Hyun-Tai Ahn, Jeong-Tai Kim, "Luminance Performance of a Room with Light Guide and Blind systems by Mockup Experiments", Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol. 7, No. 1, pp. 65-72, 2007.
- [5] Hyo-Joo Kong, Gon Kim, Jeong-Tai Kim, "Daylighting Performance of Double Blinds Using RADIANCE Program", Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Spring Conference, Vol. 10, No. 1, pp. 191-194, 2010.
- [6] Bong-Kyun Kim, Jeong-Tai Kim, "Effect of Blind's Slat Angle on Daylighting Environment", Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Conference, Vol. 6, No. 1, pp.237-242, 2006.
- [7] Bok-Nyeo Im, Hwan-Yong Kim, "A Study on a Improving Effect of Light Environment according to Blind Angle Control using a Daylighting in a Lecture Room", The Regional Association of Architectural Institute of Korea, Autumn Conference, pp. 629-635, 2008.
- [8] Hwa-Young Shin, Seoung-Heon Baik, Hyun-Joo Hwan, Jeong-Tai Kim, "DayLit Environment of Offices with Light Guide and Blind Systems", Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment,

Autumn Conference, Vol. 6, No. 2, pp. 179-184, 2006.

[9] Flank L. Pedrotti, Leno S. Pedrotti, "Introduction to Optics", Prentice-Hall International, Inc, pp. 32, 1987.

심 충 건(Choong-Gyun Sim)

[정회원]



- 1986년 2월 : KAIST 생산공학과 (공학석사)
- 1992년 2월 : KAIST 정밀기계공학과 (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 1996년 2월 : 대우중공업(현, 두산인프라코어) 책임연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 주성대학교 컴퓨터응용기계과 교수

<관심분야>

자연채광, 도시농업, 신재생 에너지