

# 전통한지와 차양장치의 주광유입 및 광특성 평가

(An Evaluation of Daylight Distribution on the Korean Traditional Paper and Shading Systems)

이순지\* · 김유신\*\* · 최안섭\*\*\*

(\*세종대학교 건축공학과 석사과정 · \*\*세종대학교 건축공학과 박사과정 · \*\*\*세종대학교 건축공학과 교수)  
(Soon-Ji Lee · Yu-Sin Kim · An-Seop Choi)

## Abstract

The aim of this study is to discover the possibility as the shading systems, and to analyze daylight distribution and characteristic of light on the Korean traditional paper. Korean traditional paper has a good efficiency to diffuse the light and is less glare than Roller Shade fabric. In the president office buildings and apartment houses, daylight characteristic of Korean traditional paper windows could be used as a preliminary data to develop a window system which makes greatest performance of daylight.

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건축물이 고층화, 대형화 되어감에 따라 건축물의 외피는 구조적인 문제를 해결하기 위해 경량화 될 수 밖에 없고, 이로 인해 커튼월 적용이 많이 이루어지고 있다. 이러한 커튼월 구조는 외부조망과 주광유입이 용이한 반면 과도한 직사일광의 유입 및 하절기의 냉방부하를 크게 증가시키는 단점이 있다. 과도한 직사일광의 유입을 차단하기 위해 방위에 따른 창 의 계획, 외부 개구율의 조절, 차양장치 설치 등 다양한 방법들이 적용되고 있으며, 대부분의 오피스 건축물에서는 실내 차양장치를 설치하여 직사일광을 차단하고 있다.

최근 에너지 절약 및 지구환경시대의 주요한 쟁점 중 하나인 지속가능한 발전에 대한 관심이 증대되면서, 환경건축이라는 개념을 구현하는데 있어서 친환경재료를 여러 분야에서 적극적으로 사용하고 있다. 실내 환경오염의 주원인으로 꼽히는 건축자재와 건축방법을 전통건축의 자연환경 조절기법을 활용하여 해결하려는 시도가 많아지고 있으며, 친환경 재료로서 숲, 황토, 목재 그리고 한지 등의 사용이 늘어나고 있다[1]. 특히 전통 건축물에 사용된 창호의 전통한지는 음환경, 열환경, 빛환경 등의 측면에서 환경조절 능력이 우수한 것으로 알려져 있다.

전통한지는 유리의 등장으로 실용성의 측면에서 열세하여 건축물에서 모습을 감추게 되었지만 친환경적, 친인간적인 재료라는 측면에서 현대 건축물에서 건축 재

료로서 활용될 수 있는 가능성이 크다. 이에 본 연구에서는 전통한지의 주광유입 특성을 알아보기 위해 서울 시내 오피스 건축물에서 사용되고 있는 차양장치 중 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 Roller Shade와 비교하여 실험과 분석을 하였다. 이는 현대 건축의 사무소나 공동주택에서 전통창호의 주광특성을 이용하여 주광 성능을 극대화 할 수 있는 창호시스템을 개발하기 위한 기초자료로 활용될 것이다.

### 1.3 연구의 방법 및 범위

본 연구는 전통한지에서 현대 창호시스템과의 연계요소를 추출하기 위하여 전통한지와 차양장치에 대한 이론 고찰과 주광특성 실험, 실험 결과의 비교분석을 그림 1과 같이 진행하였다. 다음 그림 1은 본 연구의 방법 및 절차를 나타낸 것이다.

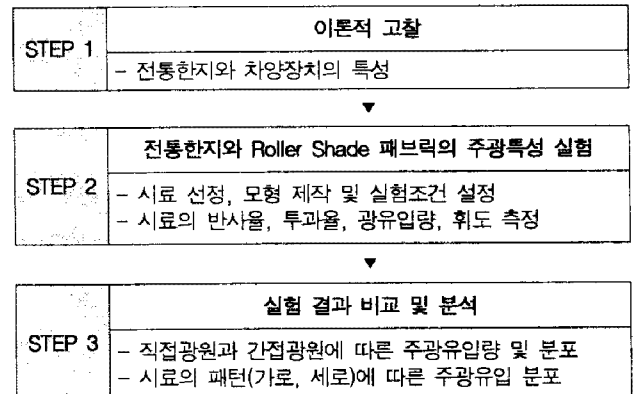


그림 1. 연구의 방법 및 절차  
Fig. 1. Study method and procedure

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 차양장치의 특성

차양장치는 실내로 유입되는 직사일광 또는 과도한 주광을 차단 혹은 조절하는 장치로서 열적인 측면에서 여름철에 일사를 차단하고, 빛적인 측면에서는 과도한 직사일광을 차단하여 현휘를 방지하는 동시에 과도한 주광 유입으로 인한 시각적 불쾌감을 차단한다. 또한 창호 및 조명, 공조 시스템과의 결합을 통해 조명 및 냉난방 에너지를 절감시켜 건물의 전체 소비 에너지를 절감시키는데 기여하며, 사생활 보호 측면에서도 건축물에 필수적인 요소라고 할 수 있다.

차양장치의 종류에는 Venetian Blind 와 Vertical Blind, Roller Shade 등이 있다. 이 중 Roller Shade는 완벽한 개방과 폐쇄까지 조절이 가능하여 융통성 있게 조작할 수 있다. 그리고 재질은 유리섬유, PVC 등 다양하다. Roller Shade는 원사의 특성상 열전도율이 낮아 열차단 효과가 크며 은은한 채광효과 및 30~5%의 에너지 절감율을 기대할 수 있다. 그리고 재실자에게 쾌적한 시환경을 제공하여 작업능률 향상 및 눈부심 방지 및 심리적·신체적인 안정감을 준다.

### 2.2 전통한지의 특성

예로부터 한지는 닥나무를 ‘거두고, 찌고, 벗기고, 삶고, 고르고, 두드리고, 섞고, 뜨고, 물 빼고, 말리고, 다듬고...’ 아흔아홉 번의 사람의 손길을 거쳐 마지막 사용하는 사람의 손이 백 번째로 만진다 하여 백지(百紙)라 하였다. 우리나라의 전통한지는 닥나무 껍질의 섬유질과 닥나무 뿌리에서 나오는 점액질인 닥풀로 바르는 종이로서 추운 겨울에 차가운 맑은 물로 제작한다. 그래서 두껍고 질기며 일반종이(PH 4.0 이하의 산성지)와 달리 PH 7.0이상의 중성지로서 오랜 기간 보존이 가능하다. 그리고 일반종이의 원료인 목재펄프보다 한지를 만드는 닥나무의 섬유 길이가 훨씬 길며, 섬유질의 길이가 길면 약 13mm에까지 이른다. 이것이 거미줄처럼 얽혀 종이 가 질겨지고 기공을 만들어 부패를 막아, 한지는 몇 백 년에서 천년까지도 보존이 가능하다.

또한 종이의 결과 여유 공간으로 인해 보온성과 통풍성, 흡음성이 뛰어나며 빛을 투과시키는 특성이 우수하다. 그래서 과거 전통 주거공간에서 한지를 창호에 사용하여 직사일광을 한번 걸러 실내에 부드러운 빛으로 유입하고 실내 조도를 증가시켰다. 그리고 다양한 두께의 사용으로 다양한 용도의 투과재 역할도 하였으며 수분을 보유·재발산하는 능력이 뛰어나 적절한 실내습도 조절에도 이용되었다.

## 3. 전통한지와 Roller Shade의 실험

### 3.1 실험개요

전통한지와 Roller Shade 패브릭의 광특성 및 주광유입 특성을 비교하기 위하여 시료에 대한 반사율, 투과율, 광유입량 및 휘도를 측정하였다. 측정 시료는 총 10 종류의 한지와 4 종류의 Roller Shade 패브릭으로 정하였다. 실험을 위하여 일반 사무소 공간의 1/10 크기의 200×700×300mm 광박스를 만들고, 측면 1면의 70mm 높이에 400×180mm 크기의 개구부를 만들어 빛을 유입시켰다. 그리고 유입된 빛은 바닥면 중앙에 일정 간격(100mm)으로 조도센서를 설치하여 측정하였다. 분광측색계(CM-2500d)를 사용하여 시료와 광박스의 반사율을 측정하였으며 표 1은 실험을 위해 제작한 광박스의 개요를 나타낸 것이다.

표 1. 실험모형 개요  
Table 1. The outline of an experiment with a model

구분	일반사무소 1/10 축소모형	평면도
크기	200×700×300(mm)	
색상	검정색	
반사율	5%	
창호크기	400×180(mm)	
창호높이	70(mm)	
조도센서	Φ10×25(mm), 6EA	
실험 모형		

한지는 원료와 첨가재료 및 제조법에 따라 다양한 종류의 한지가 있으나 크게 수초지(전통한지)와 기계지(계량한지)로 나눌 수 있다. 수초지는 건조방식에 따라 자연건조와 인공건조 한지로 구분되고, 기계지는 현대에 들어와 경제적인 이유로 펄프를 첨가하여 만든 것이다.

그리고 한지는 용도에 따라 질과 호칭이 다른데, 전통 건축물에서 창과 문에 바르면 창호지, 족보·불경고서의 영인에 쓰이면 복사지, 사군자나 화조를 치면 화선지, 연하장·청첩장 등으로 쓰이며 솜털이 일고 이기가 박힌 것은 태지라고 한다. 즉, 창호지는 창호에 투과재로 사용한 한지의 용도를 말하는 것으로 창호지로 사용하기 위한 특정 목적으로 제작된 별도의 한지는 존재하지 않는다[2]. 그리고 장판지는 한지를 두겹게 한 후

기름을 먹여서 사용했고 벽지는 흙벽에서 흙이 떨어지지 않도록 초배지로 사용하였다. 본 연구에서는 한지를 원료별, 두께별, 섬유질 구성별로 구분하여 10가지를 실험용 한지로 선정하였다. 실험을 위해 사용된 한지의 종류별 특징은 표 2와 같다.

표 2. 한지의 종류별 특징  
Table 2. Character of types of the Korean traditional papers

시 료	특 징
순 지	100% 닥나무로 만들어진 한지로서 예로부터 서화용지로 사용
초배지	도배를 하기 전에 잘 붙도록 먼저 붙이는 종이
움양지	'음'과 '양' 두 장의 종이를 뜨고 합하여 한 장으로 만든 한지로서 튼튼하고 광택과 윤기가 나는 것이 특징
쫄 치	두 겹의 한지를 물만으로 붙이는 것으로 공기가 들어가지 않도록 밀착시키고 주물러 아주 강하게 만든 한지
운용지	일명 싸게지 라고도 하며, 닥나무 무늬가 나타나며 거칠어서 주로 포장지로 사용
마 지	우리나라 최초의 종이로서 삼베나 모시를 원료로 만든 종이
기계지	기계를 이용해 대량으로 제작하는 한지
기계 운용지	기계를 이용해 제작된 운용지
기름지 1겹	1겹의 한지에 들기름을 먹여 건조시킨 것으로 질기며 윤기가 있고, 방수성을 지님.
기름지 3겹	3겹의 한지를 합지해서 들기름을 먹여 건조시킨 것으로 두껍고 질기며 윤기가 있고 방수성이 좋음.

표 3은 실험을 위해 사용된 Roller Shade 패브릭의 종류별 특징을 나타낸 것이다. 실험용으로 선정된 4종류의 Roller Shade 패브릭은 일반 사무소 및 공동주택에서 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 것이다. Roller Shade 패브릭의 투과율은 각각 1%, 3%, 6%, 17%이다.

표 3. Roller Shade의 종류별 특징  
Table 3. Character of types of the Roller Shade Fabrics

	A	B	C	D
구성	25%Poly / 75%PVC	27%Poly / 73%PVC	25%Poly / 75%PVC	26%Poly / 74%PVC
중량/m <sup>2</sup>	598g (±5%)	526g (±5%)	420g (±5%)	455g (±5%)
두께	0.86mm (±5%)	0.67mm (±5%)	0.55mm (±5%)	0.83mm (±5%)
인장강도 daN/5cm (±5%)	Warp 280 Weft 187	Warp 218.2 Weft 192.2	Warp 169 Weft 169.2	Warp 188.1 Weft 180.5
투과율	1%	3%	6%	17%

### 3.2 실험 방법

시료의 주광유입에 대한 특성을 알아보기 위해 광박스를 이용하여 시료의 광유입량을 측정하고 시료의 투과율, 휘도를 측정하였다. 그리고 분광측색계를 이용하여 시료의 반사율을 측정하였다. 또한 시료의 패턴구성(가로, 세로)에 따른 광확산 분포를 분석하여 패턴구성에 따른 차이점을 살펴보았다.

광원은 그림 3과 같이 광박스 개구부 앞에 Philips 20W 전구색 형광등을 설치하였는데, 이것은 시간과 날씨에 따른 주광량의 변화가 심하여 여러 시료의 주광유입량의 비교가 어렵기 때문에 주광을 대신하여 광원을 설치하고 광유입량을 측정하는 것이다. 주광을 직사일광과 확산광으로 구분해서 광유입량을 분석하기 위하여, 광원을 직접광원과 간접광원으로 설치하여 두 가지 실험을 하였다. 그리고 개구부에 시료가 있을 때와 없을 때의 광유입량 비교를 통하여 시료의 주광유입 특성을 분석하였다.

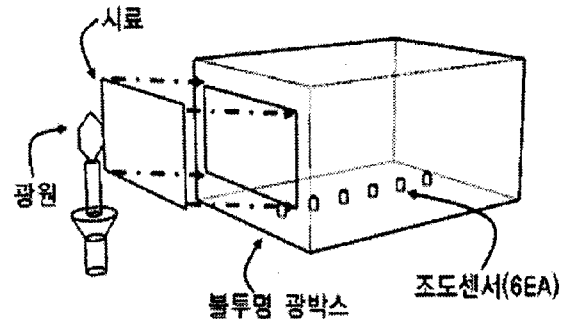


그림 3. 주광유입 특성 측정 방법  
Fig. 3. Method of measurement of characteristic of daylight distribution

그리고 직접광원에 의한 시료의 휘도 측정은 측정점에 의한 오차가 크기 때문에 간접광원에 의한 시료의 휘도 측정(6점 측정 후 평균)을 하였다. 휘도 측정에는 LS-110이 사용되었으며 그림 4에서 휘도 측정 지점을 나타내었다.

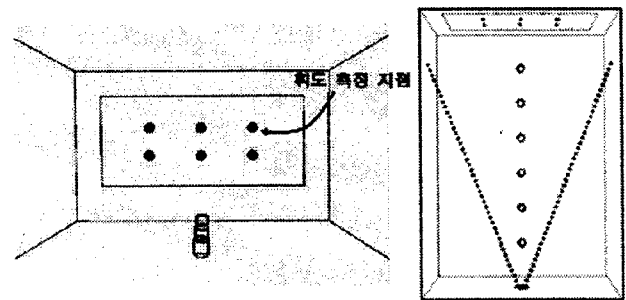


그림 4. 휘도 측정 지점  
Fig. 4. Luminance measurement point

그림 5는 시료의 투과율 측정모습을 나타낸 것이다. 실험 방법은 주광유입량 측정방법과 동일하나 시료를 부착할 개구부(200×200mm)는 불투명 광박스의 상부에 위치한다. 불투명 광박스에 설치된 개구부에 투과체가 있는 경우와 없는 경우의 조도 비율을 통해 시료의 투과율을 측정하였고, 시료의 패턴구성(가로, 세로)에 따른 광확산 분포를 비교하여 차이점을 분석하였다.



그림 5. 투과율 측정 사진  
Fig. 5. Image of measurement transmissivity

### 3.3 실험 결과

시료의 광특성 및 광유입 측정 결과를 표, 그림, 사진으로 정리하였다. 시료에 대한 여러 가지 광특성은 표 4로, 직접광원, 간접광원에 의한 측정사진은 그림 6, 7로, 그리고 직접광원, 간접광원에 의한 광유입량 및 광유입 분포와 시료의 패턴에 따른 광유입 분포는 그림 8~12로 나타내었다.

표 4. 시료의 반사율, 평균조도, 휘도, 투과율 측정 결과  
Table 4. Result of measurement

시 료	반사율 (%)	평균조도(Lux)		휘도 (cd/m <sup>2</sup> )	투과율 (%)	
		직접	간접			
전 통 한 지	순 지	60.5	88.7	45.6	77.1	32.0
	초배지	65.6	64.5	47.9	59.7	24.3
	음양지	51.5	72.2	19.0	89.5	25.6
	좁 치	67.2	49.4	21.3	43.1	17.0
	운용지	59.1	75.1	28.4	80.9	31.4
	마 지	48.4	86.7	29.4	92.3	30.6
	기계지	52.3	73.4	18.7	80.9	26.9
Roller Shade	기계운용지	45.2	116.6	37.5	104.7	40.0
	기름지 1겹	28.9	126.2	32.1	127.9	47.5
	기름지 3겹	37.5	111.1	41.3	122.5	38.1
	A	70.8	18.8	5.1	18.1	5.8
	B	67.9	24.3	6.6	22.1	7.5
	C	64.6	37.7	13.0	35.3	11.3
	D	60.3	114.9	31.9	45.6	14.6

표 4에서 Roller Shade 패브릭의 투과율 항목을 살펴보면 투과율 측정값의 결과가 5.8%, 7.5%, 11.3%, 14.6%로 제품정보에서 밝힌 1%, 3%, 6%, 17%의 투과율 값과 다른데, 이것은 투과율 측정 방법의 차이에

따른 것으로 생각된다. 표 4의 시료의 휘도값과 그림 6의 직접광원에 의한 측정사진을 비교해보면 14개 시료의 휘도값 중 127.9(cd/m<sup>2</sup>)로 가장 큰 것은 기름지 1겹인데, 그림 6에서 시료의 표면에 직접광원에 의해 유입된 빛이 가장 강하게 맺히는 것은 Roller Shade 패브릭임을 알 수 있다. 결과가 이렇게 다르게 나타난 것은 유입되는 빛의 양이 사진 촬영 각도에 따라 다를 수 있고, 표 4의 휘도값은 측정 6점의 평균값을 나타내고 있는 반면, 그림 6의 측정사진은 사진을 찍은 순간의 한 점을 향한 사진이기 때문이다. 그리고 가장 큰 이유는 전통한지의 투과율이 Roller Shade 패브릭의 투과율보다 좋기 때문이다.

그림 6에서 한지 10가지 중 기름지의 표면에, 유입된 직접광원의 빛이 한 곳으로 집중되는 것을 볼 수 있다. 이것은 기름지는 좁치나 마지에 비해 표면의 요철이 없고 한지에 들기름을 먹인 특징 때문이다. 그리고 그림 7의 간접광원에 의한 측정사진을 보면 그림 6의 직접광원에 의한 사진과 달리 확산된 빛으로 인하여, 시료의 표면에 유입된 빛이 강하게 맺히는 모습은 보이지 않는다.

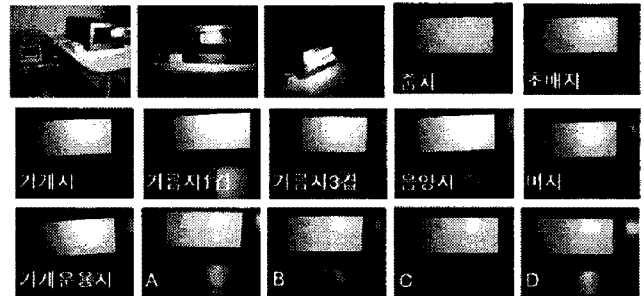


그림 6. 직접광원에 의한 측정사진  
Fig. 6. Image of measurement - Direct source

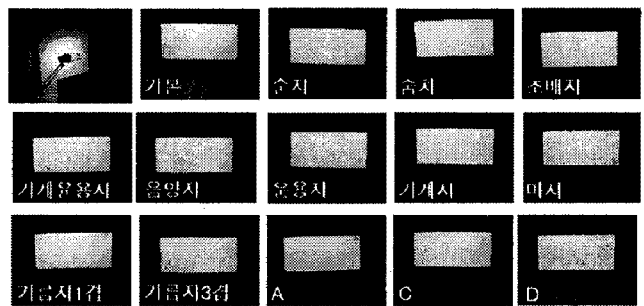


그림 7. 간접광원에 의한 측정사진  
Fig. 7. Image of measurement - Indirect source

그림 8은 직접광원에 의한 광유입량을 나타낸 것이다. 그림을 살펴보면 직접광원에 의한 광유입량은 기름지 1겹 시료가 가장 높은 것으로 나타났고 그 다음은 기계운용지와 기름지 3겹 순이었다. 그리고 A 시료의 광유입량이 가장 낮았으며 다음으로 B, C 시료의 광유입량이 낮았다.

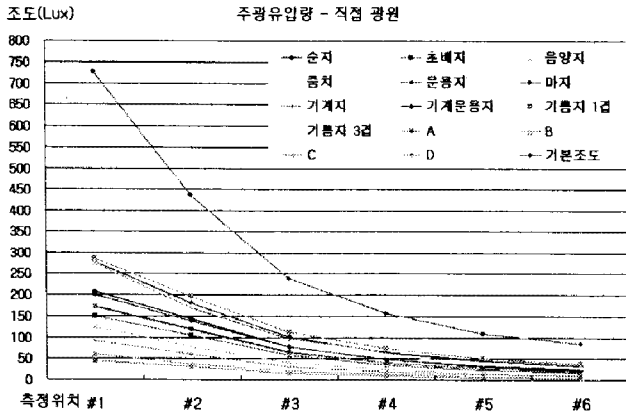


그림 8. 광유입량-직접광원  
Fig. 8. Quantity of light - Direct source

그림 9는 직접광원에 의한 광유입 분포를 나타낸 것이다. 시료가 있을 때의 광유입 분포가 시료가 없을 때의 광유입 분포보다 좋게 나타났으며 이것은 시료가 빛을 확산시켜주는 역할을 하기 때문이다. 주광유입 분포 그림의 y축 좌표상에서 '비율 100%'값은 광박스의 개구부에서 가장 가까운 쪽의 바닥면 조도센서에서 측정된 광유입량을 의미한다. 이 값을 기준으로 다른 점의 조도센서에서 측정된 광유입량을 퍼센트(%)로 환산하고 광유입 분포를 분석하였다. 광유입 분포가 가장 좋은 시료는 기름지 1점이고 다음으로 마지와 기계운용지 순으로 나타났다. 광유입 분포가 가장 나쁜 시료는 A이며 다음으로 B, C순이었다. 전통한지가 차양장치의 역할을 하기 위해선 직사일광의 양을 조절하고 유용한 확산광을 실내로 유입해야한다. 그러므로 직접광원의 광유입량과 광유입 분포 측면에서 보면 기름지 1점이 차양장치로서 가장 적합하다고 판단된다.

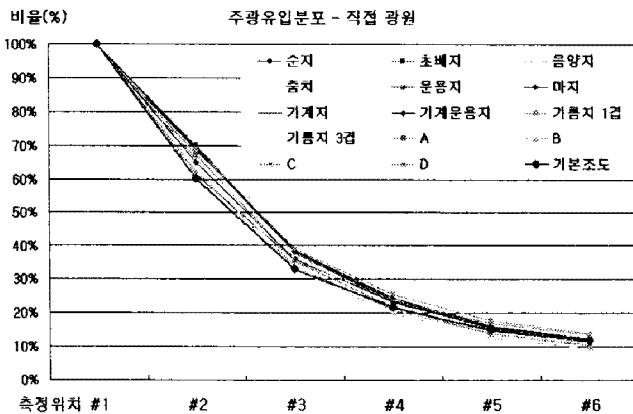


그림 9. 광유입분포-직접광원  
Fig. 9. Light distribution - Direct source

간접광원에 의한 광유입량을 측정해 본 결과 순지와 초배지에서 가장 높았으며 그 다음으로 기름지 3점, 기계운용지 순으로 많았다. A 시료의 광유입량이 가장 낮았으며 다음으로 B, C 순이었다. 그림 10은 간접광원에 의한 시료의 광유입량을 나타낸 것이다.

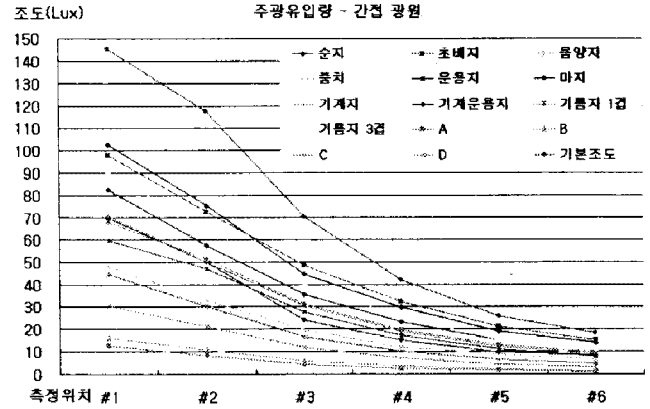


그림 10. 광유입량-간접광원  
Fig. 10. Quantity of light - Indirect source

간접광원에 의한 광유입 분포는, 시료에 의한 광유입 분포가 시료가 없는 상태보다 나쁘게 나타났다. 광유입 분포가 가장 좋은 시료는 초배지이며, 다음으로 기름지 1점과 운용지 순이었다. 광유입 분포가 가장 나쁜 시료는 A이며, 다음으로 B, C순이었다. 그림 11은 간접광원에 의한 광유입 분포를 나타낸 것이다. 전통한지의 차양장치로서의 적합성을 따져볼 때 유용한 확산광을 많이 유입하고 분포가 고를수록 재실자에게 쾌적한 시환경을 제공하는 것이므로, 간접광원의 광유입량과 광유입 분포 측면에서 보면 14가지 시료 중 초배지가 가장 적합하다고 판단된다.

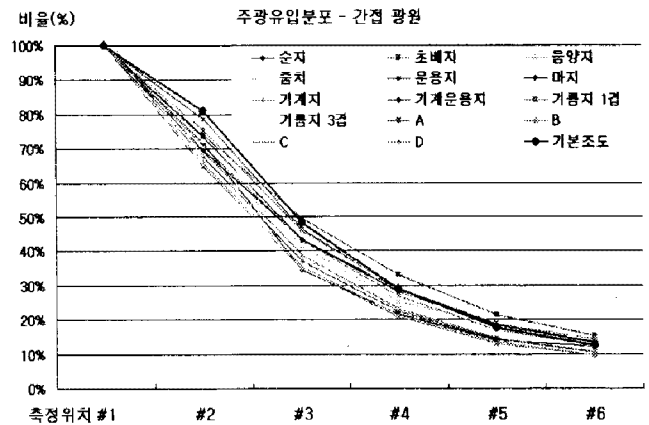


그림 11. 광유입분포-간접광원  
Fig. 11. Light distribution - Indirect source

시료의 패턴에 따른 광유입 분포를 비교해 보았더니 시료의 패턴에 따른 광유입 분포 차이는 평균 0.092%이고, 가장 큰 차이도 3% 내외로 거의 차이가 없었다. 패턴에 의한 차이가 큰 것은 순지, 초배지, 음양지 순이며 패턴에 따른 차이가 가장 적은 시료는 C로서, 시료 C의 광유입 분포는 패턴에 따른 차이보다 패턴의 가로, 세로 비율에 의해 차이가 발생함을 알 수 있었다. 그림 12, 13은 각각 시료의 패턴에 따른 광유입 분포를 나타낸 것이다.

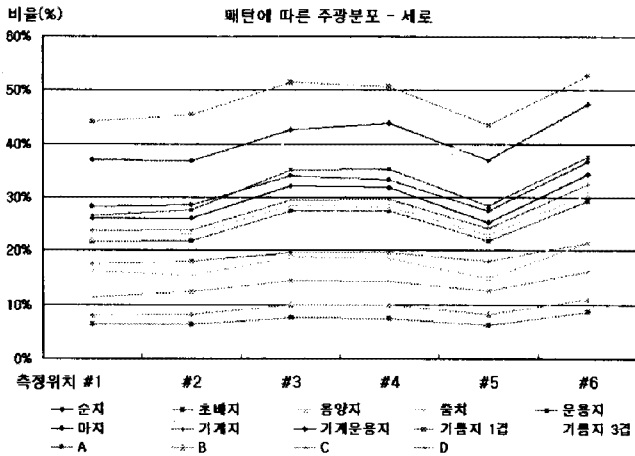


그림 12. 시료의 패턴 (세로) 에 따른 주광유입분포  
Fig. 12. Light distribution - Breadth of pattern

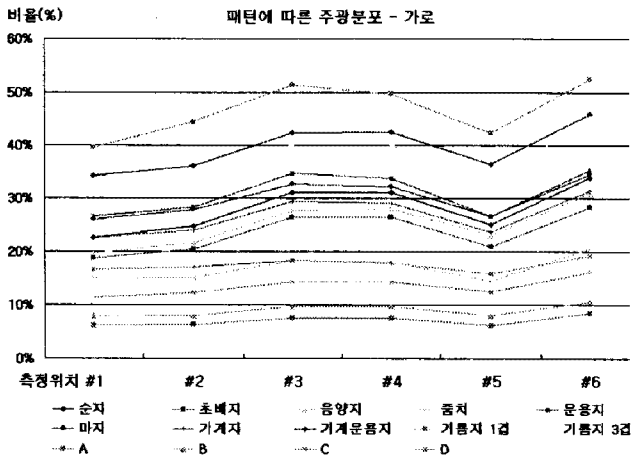


그림 13. 시료의 패턴 (가로) 에 따른 주광유입분포  
Fig. 13. Light distribution - Length of pattern

표 5. 시료의 단위 면적당 가격  
Table 5. Price per unit area

시료	순지	초배지	음양지	좁치	운동지	마지	기계지
가격 (원/cm <sup>2</sup> )	0.20	0.14	1.51	2.56	0.17	0.50	0.17
시료	기계 운동지	기름지 1겹	기름지 3겹	A	B	C	D
가격 (원/cm <sup>2</sup> )	0.17	1.74	4.31	0.58	0.58	0.58	0.58

#### 4. 결론 및 향후 연구계획

본 연구에서는 전통한지를 이용하여 Roller Shade와 같은 유형의 차양시스템 개발을 위한 선행연구로, 전통한지와 Roller Shade 패브릭의 주광유입 특성을 분석해 보았다. 축소모형을 이용한 실험을 통해 전통한지를 이용한 차양시스템의 개발 가능성을 확인할 수 있었다.

먼저 직접광원을 이용한 실험을 통해 전통한지가 Roller Shade보다 확산성이 뛰어난 것을 확인하였다. 그리고 측정된 한지의 휘도값이 Roller Shade의 휘도값 보

다 높지만, 입사된 빛이 개구부(한지) 전체에 골고루 밝게 빛나서 눈부심 발생이 Roller Shade보다 오히려 적었다.

직접광원에 의한 광유입이 가장 좋은 시료는 기름지 1겹이고 간접광원에 의한 광유입이 가장 좋은 시료는 초배지로, 각각 차양장치로서 직사일광과 확산광의 유입특성이 가장 좋은 것으로 나타났다. 시료의 광특성에 단위면적당 가격을 고려해 본 결과 Roller Shade 패브릭보다 초배지가 가장 경제적이었으며, 전통한지의 광유입 특성이 좋은 것으로 나타났다.

우리나라 전통건축에서 여러 가지 용도로 널리 이용되었던 전통한지가 현대건축의 창호에서 유리에 밀려 그 가치를 잃어가고 있는 상황에서, 본 연구는 대표적인 차양장치인 Roller Shade의 패브릭과 한지를 비교하여 물리적인 광특성을 정량적으로 분석하였다. 본 연구는 전통한지가 창호의 건축 재료로서 활성화 되는데 기여하고자 하며 추후 창호시스템 개발에 기초자료로 활용되고자 한다.

향후 실물대모형 또는 실제 공간의 적용을 통한 전통한지와 Roller Shade의 비교 실험과 전통 건축물의 답사 및 실측을 통한 전통 건축물의 빛환경 분석이 필요하다. 전통한지와 현대 차양시스템의 연계 개발 요소 도출을 통한 특허 개발도 진행되어야 한다.

#### 감사의 글

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소의 지원을 받아 문화재보존기술연구개발(R&D)사업의 일환으로 이루어졌으며, 저자의 일부는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았다.

#### 참고 문헌

- [1] 신훈 외, 전통창호의 배치방법에 따른 차음특성 변화에 관한 실험적 연구, 2006, 추계학술발표대회 논문집 제6권 2호
- [2] 김근 외, 경북부지역 전통 양반가옥의 채광조절 기능에 관한 연구, 2004, 한국생태환경건축학회 논문집 제4권 3호
- [3] 김양범 외, □자형 전통주거에서의 빛의 이용에 관한 연구, 2002, 대한건축학회 학술발표논문집 제22권 2호
- [4] 김병선, 생태건축관점에서 바라본 한옥의 특징(특집)
- [5] 신훈 외, 전통창호의 배치방법에 따른 차음특성 변화에 관한 실험적 연구, 2006, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집 제6권 2호
- [6] 이종원 외, 한지의 환기성능에 관한 실험적 연구, 2004, 대한설비공학회 설비공학논문집 제16권 5호