천창루버에 의한 내부공간 바닥면 조도변화와 설치방식에 관한 연구

김미희*, 태원진**

*Econexus E&C(im_mihee@naver.com), **명지대학교 건축학과(tae905@naver.com)

A study of Illumination on Floor Surface by Flat Form Louver of Top Lighting System

Kim, Mi-Hee* Tae, Won-Jin**

*Econexus E&C(im_mihee@naver.com),
**Dept. of Architecture, Myoungji University(tae905@naver.com),

Abstract

Inducing the natural lighting into building has been commonly applied to the spaces where artistic objects are displayed to create better visual environment for the appreciation. The direct natural lighting, especially through top lighting system may, however, bring forth discoloring of highly light-sensitive materials such as paintings or demanding additional cooling load. In addition, it causes to create glare against appreciators or to yield in visual distraction due to the extreme contrast on the inner surfaces of the spaces. Shading device such as louver is capable of preventing such voidable cases with careful manipulation.

This study aims to provide basic design guide-line when the flat-form louver has to be applied to top lighting system. Interaction between the daylight and louver was simulated by Reluxpro program with variation of the attachment location, the angle of the lover, surface reflectivity, to obtain the illumination of the floor surface. This study yields the louver just under the top lighting window with 90 degree angle gives the most desirable way of employment when the uniform illumination on the floor surface is required.

Keywords : 자연광유입(Inducing natural lighting), 차양장치(Shading devices), 바닥조도(Illumination on floor surface), 평면루버(Flat-form louver)

1. 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

최근 미술관이나 박물관 등 전시를 목적으로

하는 건물에서 자연광을 실내로 유입시킴으로서 예술품 감상을 위한 최적의 시각적 환경을 조성하려는 경향이 증가하고 있다.

주된 이유는 인공조명 하에서 발생하는 연

투고일자 : 2011년 11월 24일, 심사일자 : 2011년 11월 29일, 게재확정일자 : 2011년 12월 20일
교신저자 : 태원진(tae905@naver.com)

색성으로 인한 색의 왜곡현상을 피하고 작품의 디테일한 부분을 감지할 수 있도록 하여 감상자로 하여금 보다 나은 예술품 감상을 돕자는 의도로 나타난 현상이며, 부가적으로 전시 연결공간이나 휴식공간을 쾌적한 시각적인 환경과 감성적인 공간으로 조성하고자 하는 의도에서이다.

자연광의 유입은 특히 지붕면에 수평 또는 수직에 가까운 창에 의한 천창채광 방식에 의하여 많이 이루어지고 있다. 이 방식은 측창채광과는 반대로 구조와 시공 및 유지관리가 어렵고 시각적인 면에서 비개방적이고 폐쇄된 느낌을 주지만 내부 공간에 균일한 조도 분포가 가능하다. 또한 실이 어느 정도 넓어도 채광 성능에 큰 영향을 미치지 않으며 채광량면에서 특히 우수하고 측창이나 정측창에 비해 작은 면적으로 필요한 조도를 얻을 수 있다. 일반적으로 직사일광이 적고 담천공이 빈번한 고위도 지역에서 널리 사용되는 채광방식이다.¹⁾

그러나 천창을 통한 자연광을 건물 내로 유입할 경우 전시품이 자연광에 직접적으로 노출되어 탈색 훼손 변형 등을 일으키는 결과를 초래할 수 있고, 과도한 자연광유입으로 인한 실내 열환경의 악화나 건물 냉방부하의 증가 요인으로 작용할 수 있다. 또한 현휘발생 원인이 될 수 있으며 공간 내 빛에 의한 강한 대비현상이 발생할 수 있다. 이러한 피해를 해결할 수 있는 방법 중에 하나는 천창에 루버를 설치하는 것이다. 적절한 루버를 사용하면 천창을 통한 현휘(glare) 발생을 막을 수 있고, 루버에 의한 빛의 반사와 확산으로 과도한 대비를 막고 넓은 공간에 균일한 조도를 부여할 수 있다.

그러나 천창채광방식에 사용할 수 있는 효과적인 루버의 형태, 설치방법, 설치방향 설치조건 등 공간에서의 적용방식에 대한 연구

는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구는 다양한 루버장치 중 가장 보편성을 가진 수직루버를 천창채광방식에 적용하여 자연광 유입 시 내부 공간의 조도변화를 예측하고 그 결과를 비교분석하여 천창채광 방식에서 수직루버를 도입하고자 하는 건축물의 초기 계획 시 활용 가능한 채광디자인 기초자료 제공에 그 목적이 있다.

1.2 연구의 진행방법과 범위

천창루버에 의한 건물의 공간 실내 조도는 루버의 단면형태, 폭, 길이, 표면반사율 등의 물리적인 변수와 건물의 향, 기후조건 등과 같은 외부환경 변수들에 의한 상호작용의 결과인데, 이들의 상호작용을 매우 복잡하여 실제 상황에서 조사 분석한다는 것은 어려운 일이다. 따라서 본 연구에서는 빛과 가상의 물체(모델)와의 상호작용에서 발생하는 결과가 실제 발생하는 결과와 신뢰도가 있다고 예측할 수 있는 신뢰도를 갖는 시뮬레이션을 통한 예측 방법에 의존하였다.

루버의 물리적인 특성이나 외부환경 변수들을 고려하고 신뢰할 만한 시뮬레이션 도구로 ReluxPro 소프트웨어를 사용하였다. 이 프로그램은 빛에 의한 조도 예측 시뮬레이션 소프트웨어로 보다 단순하고 신속한 사용 및 계산이 가능하며, 빛의 분포를 예측값을 통하여 등조도선, 등휘도선, 색으로 분리된 분포도 등 수치 및 그래픽으로 표현해 주어 분석의 도구로 사용되고 있다.²⁾

본 연구에서는 루버의 위치, 각도, 루버의 표면반사율 및 공간의 형태를 변수로 설정하고 시뮬레이션을 한 후 루버 설치방식에 따른 공간의 바닥조도, 유효조도비를 비교분석하여 직사광선이 유입되어 바닥에 심한 빛 대비현상이 없고 현휘를 일으키지 않는 루버의 설치방안을 제안하고자 하였다.

1) 이관석, 현대 박물관 전시공간에서 자연광 채광방식의 선택 범주, 대한건축학회 2002.

2) <http://www.relux.biz>, Reluxpro manual

2. 시뮬레이션 모델의 구성

2.1 루버 및 공간 설정

천창에 사용할 수 있는 루버의 단면 형태와 공간의 기하학적인 형태는 매우 다양하지만 본 연구에서는 루버의 형태를 가장 단순한 평판형태로 하고, 공간 바닥평면의 형태는 직사각형의 형태로 하였다.

본 연구에서는 실내조도의 변화 추정을 위한 시뮬레이션을 수행하기 위하여 다음과 같이 모델을 구성하였다.

표 1. 시뮬레이션 해석용 모델의 구성

구분	조건 및 변화	
건물의 향	정남향	
일시 및 천공상태	하지 1시, 담천공	
실의 바닥면 형태	직사각형(5m x 10m), 높이 5m 장변과 단변의 비: 2:1	
루버 폭 길이	1m, 1.5m	
루버 설치위치	내부	천창면 아래
	중양	천창과 외부 반
	외부	천창 위 외부돌출
루버의 배치 형태	변설치	장변이 남향 장변이 동향
루버 설치각도	30 45 60 도	
루버 표면 반사율	30%, 50%, 70% (기본: 50%)	
공간의 반사율	벽체 70% 바닥 70%, 천창유리 70%	
루버의 설치간격	0.26m(루버폭1m), 0.39m(루버폭 1.5m)	

천창에 사용하는 루버의 설치간격은 직달일사의 유입이 발생하지 않게 정하였다. 그림1은 루버를 통해 직달일사가 들어올 수 있는 가능성이 가장 큰 하지의 태양고도각과 그에 따른 루버 간격을 나타낸 것으로 고도 75.4도일 때 폭 1m루버 사이의 간격은 $\tan 75.4 = 1000/\text{간격}$, 간격 $\approx 260\text{mm}$ 에 의해 0.26m로 정하였고, 같은 방법으로 폭 1.5m루버 사이의 간격은 0.39m으로 정하였다. 이는 천창과 루버의 반사·확산에 의한 내부 조도 값만 측정하기 위함이다.

그림 1. 천창면 수직루버의 설치 위치와 모델투시도

2.2 바닥면 조도측정점의 구성

조도를 측정하는 점은 그림 2와 같이 공간 바닥에 X 축으로 20개, Y축으로 10개를 설정하여 총 200개의 측정점을 두었으며 이는 등조도선도를 얻기 위함이다.

그림 2. 공간바닥 면의 조도측정점

분석에 비교 값으로 사용할 대푯값을 조도 값1, 조도 값2로 정하였으며, 조도 값1의 값은 $(X2Y9 + X2Y2 + X19Y2 + X19Y9) / 4$ 로 설

정하였고 조도값 2의 값은 (X6Y8 + X6Y8 + X15Y3 + X15Y8) / 4 로 설정하였다.

3. 시뮬레이션 결과와 분석

3.1 루버설치위치에 따른 바닥면 조도 변화

평판형태로 된 폭 1m 및 1.5m의 루버를 천창면에 기준하여 내부, 중앙(반외부, 반내부), 외부 3곳에 설치하고 바닥면에 생성된 균제도, 평균조도, 최소최대조도와 등조도선을 시뮬레이션을 통하여 예측하였다. 루버의 설치각도는 90도로 하였고, 설치방향은 장변 및 단변(하부는 남향)에 평행하게 하였다.

표 2. 루버 설치위치에 따른 바닥면 조도(단변)

루버 폭	루버 위치	균제도 ¹⁾	균제도 ²⁾	평균조도	최소조도	최대조도
1m	내부	0.51	0.41	576	291	715
	중앙	0.47	0.37	453	214	579
	외부	0.47	0.36	499	236	663
1.5m	내부	0.50	0.40	699	351	867
	중앙	0.49	0.37	551	268	718
	외부	0.45	0.33	659	294	897

그림 3. 루버 설치위치에 따른 바닥면 등조도(단변)

시뮬레이션 결과 천창 바로 아래 수직으로 루버를 설치했을 때 1m 및 1.5m 폭의 루버

3) 균제도1 = 최소조도/평균조도. 조도의 균일한 정도를 의미하며 빛의 확산성에 비례한다. 수치가 1에 가까울수록 빛의 확산도가 높다고 본다. 김현지, 외 '실내공간에서의 인공조명 균제도 산출방법에 대한 일고찰', 조명·전기 설비 학회 논문, Vol.13, No.2, pp.10-11

4) 균제도2 = 최소조도/최대조도로 설정.. 최소조도/최대조도의 값이 0.33 이상인 것이 좋다. (ibid. pp. 10-11).

모두 빛의 확산성, 평균 조도값 및 조도의 분포, 유효조도비가 가장 좋은 것으로 나타났다. 바닥면 조도의 고른 분포 면에서 세로측 2~8m의 범위에서 비교하여 보면 내부위치루버가 등조도선 분포에 있어 가장 고르게 나타났다 그 다음으로 외부, 중앙위치루버의 순으로 고른 조도의 분포를 보였다.

루버를 단변방향에 평행하게 설치할 경우 (표3과 그림4)와 장변방향에 평행하게 설치할 경우를 비교하면, 평균조도, 최대조도는 장변의 경우가 더 높게 나타나고 있지만 균제도는 낮게 나타나고 있다. 설계 시 바닥의 확산성이나 균일한 조도만을 고려할 경우 단변방향설치가 더 바람직한 것으로 보인다.

표 3. 루버 설치위치에 따른 바닥면 조도(장변)

루버 폭	루버 위치	균제도1	균제도2	평균조도	최소조도	최대조도
1m	내부	0.37	0.26	707	287	1090
	중앙	0.30	0.19	629	189	1010
	외부	0.34	0.22	731	248	1130
1.5m	내부	0.38	0.36	901	347	1300
	중앙	0.31	0.19	738	229	1200
	외부	0.34	0.22	868	296	1340

그림 4. 루버 설치위치에 따른 바닥면 등조도(장변)

유효조도비⁵⁾에 있어 모든 위치의 루버에서 100~2000lx의 유효조도를 100% 만족하였으나

불쾌감 없이 자연채광만으로 충분한 공간의 조도 비에 있어서는 내부설치루버 80%, 외부설치루버 62%, 중앙설치루버 45%순으로 나타났다. 수직루버를 내부에 설치한 경우에 루버의 폭이 1m 보다 1.5m 일 때 반사면의 증가로 인하여 빛의 확산성이 가장 좋은 것으로 나타났다.

3.2 루버설치각도에 따른 바닥면 조도 변화

평판형태로 된 폭 1.5m의 루버를 천창면에 기준하여 내부에 각도를 30도, 45도, 60도, 90도로 설치하고 시뮬레이션 한 결과 바닥면에 생성된 균제도, 평균조도, 최소최대조도와 등조도선도는 아래와 같다.

표 4. 루버 설치각도에 따른 바닥면 조도(단변)

루버 위치	각도	균제도1	균제도2	평균조도	최소조도	최대조도
내부	30	0.29	0.11	35.2	10.1	90.6
	45	0.12	0.06	138	17	297
	60	0.11	0.06	328	35	543
	90	0.50	0.40	699	351	867

그림 5 루버 설치각도에 따른 바닥면 등조도(단변)

단변에 평행하게 폭이 1.5m인 루버를 설치한 경우 루버의 각도가 수평 천창 면과 90도를 이룰 때 빛의 확산성, 평균 조도값 및 조도의 분포, 유효조도비가 가장 우수한 것으로 나타났다. 평균조도값은 90도, 60도, 45도, 30도 순으로 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 루버폭이 1m 인 경우에도 동일하게 나타났다.⁶⁾

바닥면 조도의 고른 분포 면에서 세로측 1~9m의 범위에서 비교하여 보면 90도 루버가 등조도선 분포에 있어 가장 고르게 나타났고 그 다음으로 30도, 60도, 45도 루버 순으로 고른 조도의 분포를 보였다. 등조도선도를 살펴보면 각도 30, 45, 60 각도에서 공간의 남쪽부분(직사각형 아래 부분)에서는 그 공간에서 형성된 조도치가 가장 크게 나타났고 위로(북쪽으로)갈수록 조도치가 낮게 나타는 경향을 보이고 있는데 이 결과는 30-60까지의 각도로 유지해야 하는 루버의 경우 바닥의 남쪽부분은 다른 부분 보다 조도가 높아져 대비가 높아진다는 점을 설계 시 고려하여야 한다는 사실을 말해준다.

유효조도비에 있어 100-2000lx의 유효조도비는 90도 루버 100%, 30도 루버 70%, 45도 루버 49%, 60도 루버 0% 순으로 나타났고 불쾌감 없이 자연채광만으로 충분한 공간의 조도 비에 있어서는 90도 루버 80%, 60도, 45도, 30도 루버 0%로 나타났다.

표 5. 루버 각도에 따른 바닥면 조도(장변)

루버 위치	각도	균제도1	균제도2	평균조도	최소조도	최대조도
내부	30	0.54	0.34	23.5	12.7	37.1
	45	0.41	0.23	109	45	195
	60	0.13	0.05	292	38	195
	90	0.38	0.36	901	347	1300

장변에 평행하게 폭이 1.5m인 루버를 설치한 경우 루버의 각도가 천창면과 90도를 이

5) 적정 자연 채광을 통한 조도 범위의 중요성을 강조하여 실내 거주자 및 건물 에너지 측면을 고려한 실내 유용한 조도 범위를 설정. 유용조도는 100-2000lux, Nabil, A., Mardaljevic, J. 'Useful Daylight Illuminances : A Replacement for Daylight Factors', 'Energy and Buildings', 2006.

6) 폭이 1m인 루버도 동일한 조건으로 시뮬레이션을 하였으나 본 논문에는 지면상 기술하지 못함 .

를 때 빛의 확산성, 평균 조도값 및 조도의 분포, 유효조도비가 가장 우수한 것으로 나타났다.

그림 6. 루버 설치위치에 따른 바닥면 등조도(단변)

단변설치 시에서 나타난 결과와 동일하게 각도 30, 45, 50 각도에서 공간의 남쪽부분(직사각형 아래 부분)에서는 그 공간에서 형성된 조도치가 가장 크게 나타났고 위로(북쪽으로)갈수록 조도치가 낮게 나타는 경향을 보이고 있다. 전체평균조도는 단변설치보다 낮은 조도분포를 보여주고 있다.

3.2 루버표면 반사율에 따른 바닥면 조도 변화

루버표면 반사율에 따른 바닥 조도 변화를 알아보기 위해 표면반사율이 30%, 50%, 70%로 변화를 주고, 폭 1.5m의 루버를 공간의 내부에 설치 후 시뮬레이션 하였다. 루버의 각도는 시뮬레이션에서 90각도 일 경우 가장 확산성이 좋아 이 경우에 국한 하였다.

표 6. 루버 각도에 따른 바닥면 조도(단변)

루버 위치	표면 반사율	균제도1	균제도2	평균조도	최소조도	최대조도
내부	30	0.49	0.39	629	305	783
	50	0.50	0.40	699	351	867
	70	0.50	0.39	757	374	956

표 7. 루버 각도에 따른 바닥면 조도(장변)

루버 위치	표면 반사율	균제도1	균제도2	평균조도	최소조도	최대조도
내부	30	0.37	0.26	829	304	1190
	50	0.38	0.36	901	347	1300
	70	0.39	0.28	977	385	1380

그림 7. 루버 표면반사율에 따른 바닥면 등조도(단변)

그림 8. 루버 표면반사율에 따른 바닥면 등조도(단변)

내부 공간의 밝기는 거의 모든 공간에서 루버 표면 반사율이 높을수록 더 높은 평균조도값을 나타냈다. 단변배치를 한 공간에서는 반사율별로 약 5% 내외의 완만한 조도차를 나타냈으나 장변배치를 한 공간에서는 최저 2.4%, 최고 17.9%의 반사율별 조도값 변화를 나타냈다. 다만, 폭 1.5m 외부루버에서는 표면 반사율 50%의 내부 평균 조도값 및 대표 조도값1,2 모두에서 높은 값을 보였다. 평균 조도값은 표면 반사율 50%, 30%, 70% 순으로 나타났으나 최저조도값에 있어 표면 반사율 70%에서 가장 높은 값을 보였으며, 반사율별 조도값의 차가 약 2.5%로 적은 조도차를 나타냈다. 조도 분포에 있어서 모든 공간에서 밝은 빛이 중앙에 고르게 분포하는 모습을 보였고 루버표면반사율이 높을수록 대체로 더 고른 분포를 보이는 것으로 나타났다. 기본 모듈공간에서는 최소조도 대 평균조도 비 및 균제도 모두 루버표면반사율이 70%의 루버가 가장 우수한 것으로 나타났다.

4. 결 론

천창에 루버를 설치할 경우 공간의 실내조도는 루버와 관련된 다양한 물리적, 공간적 변수들에 의하여 그 영향을 받는다. 본 논문에서는 공간 내 조도에 영향을 주는 요소로 루버의 폭, 설치 위치(건물의 외부, 내부), 설치간격, 설치각도, 루버의 표면 반사율 등을 변수로 설정하고 이에 따른 공간바닥의 조도변화를 예측하고자 하였다. 시뮬레이션을 통하여 최고/최소조도와 균제도 및 등조도선도를 예측하였고 그 결과를 비교분석하여 공간바닥면에 균등한 조도 분포를 얻기 위한 천창의 루버 설치 가이드라인을 제시하고자 하였다.

- (1) 바닥면에 균일한 조도분포를 얻기 위한 수직루버의 설치위치를 설정함에 있어 공간의 내부, 천정아래에 루버를 설치하는 것이 빛의 균제도, 공간의 밝기, 조도 분포의 균일성, 유효조도비에 있어 가장

우수한 것으로 분석되었다.

- (2) 수직루버의 폭은 공간의 밝기 및 유효조도비에 있어 폭이 넓은 것이 더 유리한 것으로 나타났다. 그러나 폭의 최적성은 공간의 설정에 따라 달라질 수 있으며 이는 차후의 연구과제로 보인다.
- (3) 수직루버의 설치각도를 설정함에 있어서 수평천정 면에 수직하향방향으로 90도 각도의 루버를 설치하는 것이 빛의 균제도, 공간의 밝기, 조도 분포의 균일성에서 가장 우수한 것으로 나타났다.
- (4) 빛의 확산성과 비례하는 균제도에 있어 기본 모듈공간에서는 최소조도 대 평균조도 비 및 균제도 모두 루버표면반사율이 70%의 루버가 가장 우수한 것으로 나타났다.

위와 같은 결과를 토대로 자연채광을 도입을 위한 차양장치를 설치할 경우 객관적인 빛 환경 조성에 기여할 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 정유근, 가동형 루버를 갖는 천창형 아트리움의 자연채광 성능예측 기법 개발, 경희대학교 박사논문, 1999
2. 김상식, 김강수, 담천공 및 직사일광 조건에서 천창루버 시스템의 실내 주광 성능 평가 연구, 대한건축학회논문집, 17(3), 157-163, 2001
3. 김현지, 안옥희, 실내공간에서의 인공조명 균제도 산출방법에 대한 일고찰, 조명·전기설비학회논문집, 13(2), 139-143, 1999
4. 태원진, 자연채광을 고려한 건축공간 설계 방법 연구 - 전시공간 중심으로, 한국태양에너지학회 논문집, 25(4), 45-51, 2005
5. 이관석, 현대 박물관 전시공간에서 자연광 채광방식의 선택 범주, 대한건축학회, 2002
6. Nabil, A. and Mardaljevic, J., "Useful Daylight Illuminance: A replacement for Daylight Factors", Energy and Buildings, 38, 2006
7. 황규선, 전시관에서 자연채광 유도를 위한 공간 설정에 관한 연구, 명지대학교 석사논문, 2009