

광선반 채광시스템의 시각적 성능 평가

Visual Performance Evaluation of Daylighting System with Sloped Lightshelves

김 정 태*
Kim, Jeong-Tai

심 인 보**
Shim, In Bo

Abstract

This study assessed the visual performance of luminous environment by the lightshelf. The subject survey method was used and results are presented and analyzed. The lightshelf daylighting system was developed by LAEL at KH University and was applied on the window of a mock-up office. The questionnaire for assessing visual performance contains 9 questions with 7 grade bipolar scales. The experiment was conducted during the bright part of the day from noon to one thirty on June 7, 2006. The questionnaire for assessing visual performance contains 9 questions with 7 grade bipolar scales. During the experiment was carrying out, the work plane illuminance and luminous distribution at surrounding the windows was measured. The semantic differential rating data of experiment were analyzed by t-test and factor analysis using SPSS 12.0 statistics package. The visual performance of the lightshelf was more positive. The factors affecting the visual performance are task performance and visual comfort. The subjects were more comfortable in a room installed with lightshelves on both the task performance and the visual comfort aspect. Therefore, the application of sloped lightshelf daylighting system improves visual performance of luminous environment.

키워드 : 자연채광, 시각적 성능, 광선반 채광시스템, 실물대모형

Keywords : Visual Performance, Lightshelf Daylighting System, Mock-up

1. 서 론

실내공간의 시각적 빛 환경은 재실자의 시각적 성능에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 채광시스템의 적용에 의하여 실 깊은 곳까지 유입되는 자연채광은 시각적 빛 환경 성능을 향상시킨다. 그러나 자연채광의 유입이 과다할 경우, 재실자에게 눈부심을 유발하는 등 시각적 성능에 부정적인 영향을 끼친다. 채광시스템은 이러한 문제의 해결을 위한 방법 중에 하나로서 건축적인 적용이 권장되고 있다[1]. 특히 광선반 채광시스템은 건축적 적용이 용이하며, 국외에서는 다양한 연구가 이루어지며 상용화 단계에 있다. 그러나 국내의 경우, 채광시스템의 성능은 빛 환경 요소를 중심으로 평가되어져왔다. 따라서 광선반의 설치에 의한 시각적 성능(visual performance)에 대한 연구가 요구되는 실정이며, 이는 재실자의 시각적 쾌적성(visual comfort)과 시작업 성능(task performance)에 영향을 받는다[20].

실내 빛 환경 성능의 향상을 위하여 건축적으로 적용된 자연채광 시스템은 궁극적으로 사용자가 직접 체험하기 때문에 자연채광 시스템의 성능은 정량(定量)적인 측면에서 뿐만 아니라 건물의 사용자에게 의하여 정성(精誠)

적으로 평가되어져야 한다[2]. 특히 IEA SHC Task 31에서는 자연채광 시스템에 의하여 실내에 자연채광을 최대한으로 활용하기 위한 연구가 수행되고 있다. 궁극적으로 건물을 사용하는 재실자의 쾌적성과 성능을 고려하여 자연채광 시스템이 적용되었을 경우의 시각적 성능을 향상시키기 위한 것이다[3].

따라서 본 연구는 사무소 공간을 대상으로 광선반 채광시스템이 설치되었을 경우에 시각적 성능을 평가하는데 목적이 있다. 시각적 성능의 평가는 재실자의 시각적 쾌적성과 시작업 성능에 대한 평가를 포함하기 때문에 주관적 평가 실험을 실시하였다. 이를 위하여 사무소 공간의 mock-up을 연구대상으로 하였으며, 동일한 영역의 두 실에 광선반 채광시스템이 설치되어진 실험실과 일반 창호가 설치되어진 기준실을 구성하여 실험을 하였다.

2. 실내공간의 시각적 성능 평가 실험 방법

2.1 연구대상 공간과 광선반 채광시스템

본 연구에서는 광선반 채광시스템에 의한 실내공간의 시각적 성능을 평가하기 위하여 K대학교 공과대학 옥상에 정남향으로 설치되어진 가로 12m, 세로 7.3m, 높이 3.7m규모의 사무소 공간 mock-up을 평가대상으로 하였다. 연구대상 mock-up은 IEA SHC 프로토콜에 따라 동

* 경희대학교 건축공학과 교수

** 경희대학교 건축공학과 석사과정

일한 영역에 기준실과 실험실로 구성되었다. 각 실의 남측에는 가로 4.8m, 높이 1.8m의 측창이 설치되어 있다. 기준실에는 일반 창호시스템이 설치되어 있으며, 실험실에는 광선반 채광시스템을 설치하였다. 본 실험에 적용된 광선반 채광시스템은 K대학교 채광조명시스템 연구실에서 개발한 것이며 구조는 그림 3과 같다. 연구대상 mock-up과 광선반 채광시스템의 구조 및 사진은 그림 1~그림 3과 같다.

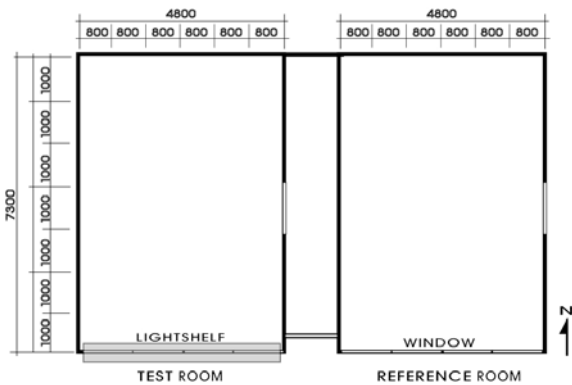


그림 1. 연구대상 mock-up의 평면도

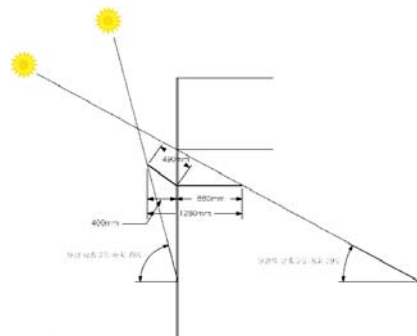


그림 2. 적용된 경사형 광선반 채광시스템의 설계



그림 3. 연구대상 mock-up 및 광선반 채광시스템의 사진

2.2 실내공간의 시각적 성능 평가 설문지 구성

광선반의 유무에 따른 시각적 효과를 평가하기 위하여 평가 어휘를 선정하였다. 이를 위하여 실내공간의 시각적 성능을 주관적으로 평가한 국내외 선행연구를 조사하였다. 조사되어진 평가어휘를 ‘유리창을 보았을 때의 눈부심’, ‘실내공간의 빛 환경’, ‘자연채광에 의한 실내공간의 분위기’, ‘작업면에서의 작업성’ 등으로 구분하였다.

이 중 실내공간의 분위기를 평가하는 어휘를 추출하기 위하여 슬라이드를 이용한 1차 예비조사를 실시하였다. 1차 예비조사는 2006년 3월 30일 실시하였으며, K대학교 건축공학과 재학생 51명을 대상으로 설문조사를 하였다. 설문조사의 결과를 요인분석을 통하여 분석한 결과, 실내공간의 분위기를 평가하는 어휘 중에서 ‘매력적임’에 대한 요인이 가장 설명력이 높게 나타났다.

본 실험의 평가항목을 구성하기 위하여 9개의 어휘를 구성하여 2차 예비조사를 실시하였다. 2차 예비조사는 2006년 5월 26일에 본 연구대상인 mock-up을 대상으로 K대학교 건축공학과 대학원생 12명을 피험자로 구성하여 실시하였다. 2차 예비조사의 결과를 이용, 피험자의 의견을 수렴하여 평가항목 및 평가어휘를 재구성하였다.

실내공간의 빛 환경을 평가하기 위하여 평가항목을 구성하였다. 평가항목은 9개의 평가항목, 7단계의 SD법을 이용하여 표 1과 같이 구성하였다.

표 1. 설문 어휘의 구성

평가항목	평가어휘
1 실내공간의 전체적인 밝기	‘어둡다’ - ‘밝다’
2 실내공간에 분포된 자연채광의 균제도	‘빛의 분포가 균일하지 않다’ - ‘균일하다’
3 유리창을 바라보았을 때의 눈부심	‘눈부심이 있다’ - ‘눈부심이 없다’
4 유리창을 바라보았을 때, 눈부심의 불쾌감	‘눈부심이 불쾌하다’ - ‘불쾌하지 않다’
5 실내공간의 분위기	‘매력적이다’ - ‘매력적이지 않다’
6 실내공간의 빛 환경에 대한 쾌적성	‘불쾌하다’ - ‘쾌적하다’
7 설문지 읽기 작업시의 작업성	‘읽기가 불편하다’ - ‘읽기가 편하다’
8 설문지 읽기 작업시의 밝기에 대한 만족도	‘불만족하다’ - ‘만족하다’
9 전체적인 빛 환경에 대한 만족도	‘불만족하다’ - ‘만족하다’

2.3 주관적 평가 실험의 진행과정

광선반의 유무에 따른 시각적 성능을 분석하기 위하여 주관적 평가 실험을 하였다. 2006년 6월 7일 12시부터 13시 30분까지 실험이 진행되었다. 실험당일의 운량은 4/10으로[19], 천공상태는 부분 담천공에 해당한다.

본 연구는 광선반을 사무소 공간에 적용하였을 경우의 실내공간의 시각적 효과를 주관적으로 평가하기 위한 연구이다. 따라서 사무소 공간과 유사한 공간에서 작업을 주로 하는 대학원생 및 대학생을 피험자로 선정하였다.

워크스테이션의 배치는 본 연구가 사무소 공간의 mock-up을 대상으로 하고 있기 때문에 실제 사무소에서 가장 많이 쓰이고 있는 유형 중에 하나인 대향식 배치를 적용하였다[18]. 또한, 실의 깊이에 따른 빛 변화에 의한 영향을 파악하기 위하여 창으로부터 책상 중심까지의 거리가 각각 2m, 4m, 6m가 되도록 배치하였다.

설문조사를 시작하기 전, 피험자에게 사전교육을 통하여 설문지의 작성 요령 및 채광방식의 변화에 따른 시각

적 영향을 조사하기 위한 실험이라는 것을 설명하였다. 주관적 평가 실험의 대상 공간 및 설문조사 진행 모습은 그림 3과 같으며, 진행순서는 다음과 같다. 피험자가 그림 5와 같이 각 실의 총 12개의 평가 위치에 착석 하여 실내의 빛 환경에 순응한 후, 설문지를 작성하였다. 설문지의 작성을 마친 후, 피험자는 진행자의 지시에 따라 평가위치를 이동하여 앞의 평가와 동일하게 설문조사를 실시하였다. 이와 같은 방법으로 일반창호실과 광선반실에서 평가를 반복하여 주관적 평가를 실시하였다.



그림 4. 주관적 평가의 대상 공간 및 설문조사 사진

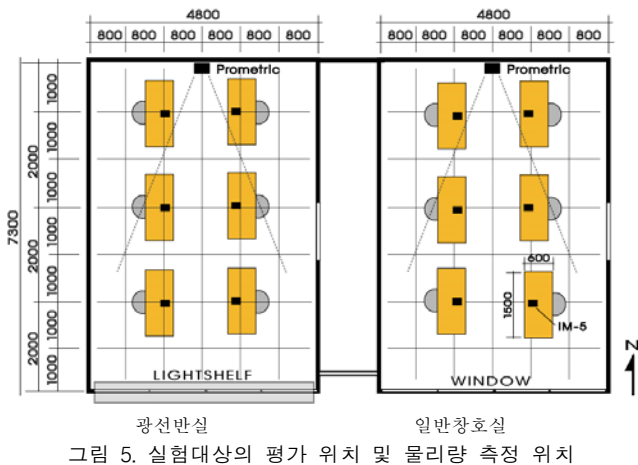


그림 5. 실험대상의 평가 위치 및 물리량 측정 위치

2.4 평가대상 공간의 자연채광 환경 측정

설문조사가 진행되는 동안 피험자는 본인이 해당하는 위치에서 작업면 조도를 직접 측정하도록 하였다. 따라서 창 중심에서 실내에 이르는 중심선상에서 실의 좌우로 각각 80cm 떨어진 수직선상에서 측정되었으며, 책상의 배치에 따라 창으로부터 각각 2m, 4m, 6m 떨어진 지점

에서 측정하였다. 한 설문이 진행되는 동안 3회 측정하였으며, 이를 설문지에 기입하도록 하였다. 측정에 사용된 측정기기는 Topcon IM-5이며 측정 사진 및 기기는 그림 5와 같다.

또한 창면 및 주변부의 휘도 측정은 Prometric 1400을 이용하였다. 측정기기는 창의 중심에서 실내에 이르는 수직선의 창으로부터 7.3m 떨어진 지점에서 측정하였으며, 착석한 피험자의 눈높이와 동일하게 바닥으로부터 1.2m 지점에서 측정하였다. 광선반 유무에 따른 창면 휘도의 분포를 측정하기 위하여 기기를 이동하여 한 실 당 1개의 이미지를 취득하였으며, 측정기기가 1대 뿐이어서 기기를 이동하여 각각의 실에서 측정하였다. 휘도의 측정에 사용된 기기의 사진은 그림 7과 같다.



그림 6. 작업면 조도의 측정모습 및 기기(IM-5)



그림 7. 휘도의 측정모습 및 기기(Prometric 1400)

3. 평가대상 공간의 자연채광 환경 특성

3.1 평가대상 공간에서의 작업면조도 분포

광선반의 유무에 따른 각 실험공간에서 측정 위치에 따른 작업면 조도의 평균은 그림 8과 같다. 선행되어진 광선반의 정량적인 성능평가 연구결과[12]와 마찬가지로 본 실험에서 적용된 광선반에 의하여 창 부근에서의 작업면 조도는 감소하고, 실 깊은 곳에서의 작업면 조도는 증가하였다. 따라서 실내공간의 균제도가 향상될 것이라는 예측이 가능하다. 실험시간에 해당하는 외부조도는 실험시간의 경과에 따라 3분 간격으로 측정하였다. 외부조도는 약 50,000[lx]~약 70,000[lx]의 분포를 나타내었다.

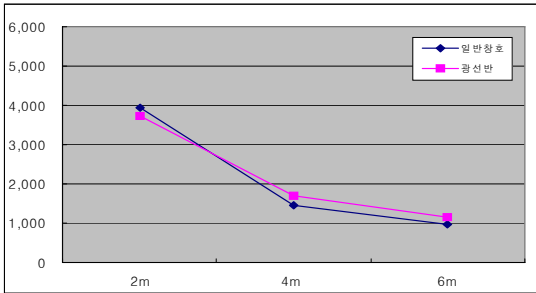


그림 8. 광선반의 유무에 따른 작업면 조도 분포

3.2 평가대상 공간의 창면 및 주변부의 휘도 분포

광선반의 유무에 따라서 창면 및 주변부를 바라보았을 때의 휘도분포를 측정된 결과는 그림 8과 같다.

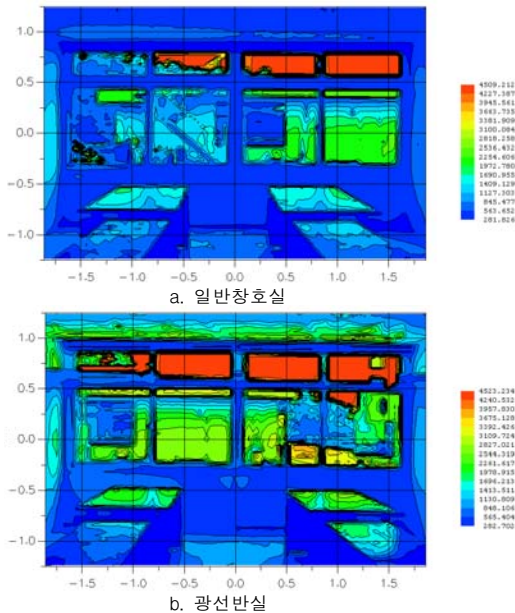


그림 8. 광선반의 유무에 따른 창면 및 주변부의 휘도 분포

표 2. 광선반의 유무에 따른 창면 및 주변부의 휘도(단위: cd/m²)

	채광창	조망창	천장	벽	sill	책상면
일반 창호실	3200 (4292)	1312 (2332)	525	849	429	1432
	1	0.75	0.12	0.20	0.10	0.33
광선반실	3912 (4389)	1890 (1852)	1770	1061	508	2060
	1	0.42	0.40	0.24	0.12	0.47

본 연구대상은 동일한 영역에 같은 형상으로 기준실과 실험실로 구성되어 있다. 그러나 두 실에서 창을 통하여 보이는 조망은 차이가 있으며, 이에 의하여 채광창과 조망창의 휘도 분포 분석에 어려운 점이 있다. 따라서 두 실에서 조망이 같은 부분에 해당하는 조망창과 해당 조망창의 위에 위치한 채광창의 휘도분포를 표 2에서 괄호로 표현하여 분석하였다. 또한 채광창의 휘도에 대한 부근의 휘도의 비를 분석하기 위하여 채광창의 휘도를 1로 하였을 때의 비를 표에 나타내었다.

4. 실내공간의 시각적 성능에 대한 주관적 평가

4.1 피험자의 구성

광선반의 유무에 따른 실내공간의 시각적 성능을 주관적으로 평가하기 위하여 피험자를 구성하였다. K대학교 건축공학과에 재학 중인 학부생 및 대학원생 12명을 피험자로 하였으며, 피험자 구성을 빈도분석 한 결과는 표 3과 같다.

표 3. 피험자의 구성

		빈도(%)		빈도(%)		
나이	23	1(8.3)	성별	남자	8(66.7)	
	24	3(25.0)		여자	4(33.3)	
	25	2(16.7)			소속	학부생
	26	3(25.0)	대학원생	9(75.0)		
	27	2(16.7)				
	28	1(8.3)				

4.2 광선반의 유무에 따른 시각적 반응의 프로파일 분석

광선반의 유무에 따른 실내공간의 시각적 반응에 대한 주관적 평가를 통계적으로 분석하기 위하여 각 항목에 대한 평균득점을 분석하였다. 9개의 평가항목에 대한 득점 분포는 1점부터 7점까지 7단계로 하였으며, 득점이 높을수록 긍정적인 효과를 나타낸다.

각 항목에 대한 프로파일은 표 4와 같다. 시각적 반응의 평균득점은 전반적으로 광선반이 설치된 실내공간에서 긍정적인 시각적 반응을 보인 것으로 나타났다.

표 4. 광선반의 유무에 따른 시각적 반응의 프로파일

평가항목	평가항목의 평균득점						
	1	2	3	4	5	6	7
실내의 밝기	어둡다						밝다
균제도	빛 분포가 균일하지 않다						빛 분포가 균일하다
눈부심	눈부심이 있다						눈부심이 없다
불쾌 눈부심	눈부심이 불쾌하다						눈부심이 불쾌하지 않다
분위기	매력적이지 않다						매력적이다
쾌적성	불쾌하다						쾌적하다
작업성	읽기가 불편하다						읽기가 편하다
작업 시, 밝기의 만족	불만족하다						만족하다
전체 빛 환경 만족도	불만족하다						만족하다

—●— 광선반실
—●— 일반창호실

4.3 실내공간의 시각적 성능 평가에 대한 요인 추출

광선반의 유무에 따른 실내공간의 시각적 성능이 어떠한 평가 속성으로 유형화 될 수 있는지를 분석하였다. 또한 자연채광에 의한 실내공간의 시각적 성능 평가에서 각 항목이 적절한 평가항목으로 선정되었는지의 타당성을 분석하였다. 이를 위하여 평가된 각 항목을 상관관계가 높은 요인으로 묶는 요인분석을 실시하였다. 요인의 추출을 위하여 주성분 분석을 이용하였으며, 요인의 회전은 직교회전방식(VARIMAX)을 이용하였다.

일반창호가 설치된 기준실의 요인분석 결과는 표 5와 같다. 추출된 2개의 요인은 총 변수의 64.71%를 설명하고 있으며, 요인 1은 41.2%, 요인 2는 23.51%를 설명하고 있다. 요인 1은 ‘자연채광에 의한 시각적 성능(작업성)’으로 명명하였고, ‘창면을 바라보았을 때의 눈부심’, ‘눈부심에 대한 불쾌함’, ‘읽기 작업시의 작업성’ 및 ‘읽기 작업시의 밝기의 만족도’의 변수가 적재되었다. 요인 2는 ‘자연채광에 의한 실내공간의 심리적 영향(쾌적성)’으로 명명하였으며, ‘빛 환경에 대한 쾌적성’, ‘실내공간의 분위기’, ‘실내공간에 분포된 자연채광의 균제도’의 변수가 적재되었다.

표 5. 일반창호실의 요인분석

		요인적재량		공통성
요인 1. 작업성	눈부심	0.88	0.12	0.79
	불쾌눈부심	0.83	0.06	0.69
	읽기작업	0.78	0.09	0.62
	작업밝기만족	0.74	0.42	0.73
	밝기	-0.61	0.17	0.41
요인 2. 쾌적성	쾌적성	0.09	0.86	0.76
	분위기	0.01	0.79	0.62
	균제도	0.06	0.74	0.56
Cronbach's alpha		0.82	0.94	-
고유값		3.30	1.88	-
분산(%)		41.20	23.51	-
누적분산(%)		64.71		-

광선반이 설치된 기준실의 요인분석 결과는 표 5와 같다. 추출된 3개의 요인은 총 변수의 68.44%를 설명하고 있으며, 요인 1은 35.11%, 요인 2는 19.97%, 요인 3은 13.36%를 설명하고 있다. 요인 1은 ‘자연채광에 의한 시각적 성능(작업성)’으로 명명하였으며, ‘읽기 작업시의 작업성’ 및 ‘읽기 작업시의 밝기의 만족도’의 항목이 적재되었다. 요인 2는 ‘창면을 바라보았을 때의 눈부심(눈부심)’으로 명명하였으며, ‘창면을 바라보았을 때의 눈부심’, ‘눈부심에 대한 불쾌함’의 항목이 적재되었다. 또한 요인 3은 ‘실내공간의 심리적 영향(쾌적성)’으로 명명하였으며, ‘실내공간의 전체적인 밝기’, ‘실내공간의 빛 환경에 대한 쾌적성’, ‘실내공간의 분위기의 항목이 적재되었다.

표 6. 광선반실의 요인분석

		요인적재량			공통성
요인 1. 작업성	작업밝기만족	0.88	0.14	-0.16	0.83
	읽기작업	0.74	-0.05	0.43	0.74
	균제도	0.57	0.31	0.21	0.47
요인 2. 눈부심	불쾌눈부심	0.10	0.91	0.01	0.83
	눈부심	0.14	0.85	0.05	0.75
요인 3. 쾌적성	밝기	0.01	-0.15	0.89	0.81
	분위기	0.16	0.28	0.67	0.55
	쾌적성	0.50	0.07	0.50	0.50
Cronbach's alpha		0.85	0.95	0.76	-
고유값		2.81	1.60	1.07	-
분산(%)		35.11	19.97	13.36	-
누적분산(%)		68.44			-

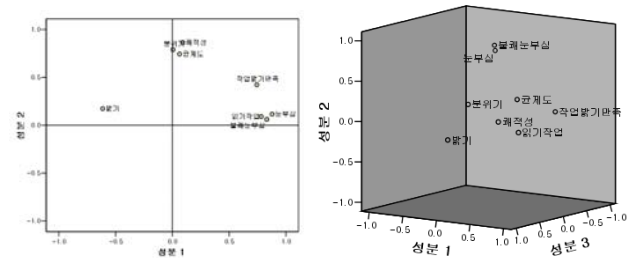


그림 2. 회전공간의 요인도표

그림 2는 일반창호가 설치된 실과 광선반이 설치된 실의 시각적 성능에 대하여 추출된 요인을 보다 의미 있게 분리하기 위하여 회전된 공간의 요인도표를 나타낸 것이다. 베리맥스(VARIMAX)방법에 의하여 일반창호실의 요인은 3번, 광선반실의 요인은 5번 반복계산에 의하여 요인회전이 수렴된 것이다.

공통성(communality)이 0.5미만으로 나타난 일반창호가 설치된 실의 ‘실내공간의 전체적인 밝기(공통성=0.41)’와 광선반이 설치된 실의 ‘자연채광의 균제도(공통성=0.47)’ 등의 2개 변수를 무시하고 분석하였다.

평가항목들의 변수와 해당 요인간의 상관관계 계수를 나타내는 요인적재량(factor loading)을 살펴보면, 표 4와 표 5의 각각의 변수에 해당하는 요인적재량은 모두 수용기준인 0.5를 넘는다.

또한 요인분석을 통하여 분류된 각 요인의 설명력을 나타내는 고유값(eigenvalue)이 표 5와 표 6의 각각의 요인에서 모두 1.0이상을 보이고 있으므로 요인분석은 판별타당성이 높다고 할 수 있다.

본 연구에서는 요인분석의 신뢰도 검정을 Cronbach's α 값에 의해 신뢰성을 검증하였다. Jum C. Nunnally (1978)에 의하면, Cronbach's α값은 일반적으로 탐색적인 연구분야에서 0.6이상이면 충분한 것으로 보았다. 따라서 표에서 나타난 요인별 Cronbach's α는 모두 0.6이상으로 신뢰성이 있고 내적 일관성이 확보되었다고 볼 수 있다.

4.4 광선반의 유무에 따른 시각적 성능 차이

본 연구에서 설정한 가설인 광선반의 유무에 따른 시각적 성능에 어느 정도의 차이가 있는지를 통계적으로 분석하였다. 표 7은 기준실과 실험실에서 각 평가항목의 시각적 반응에 대한 통계량이다.

각 자연채광에 의한 실내공간의 평가항목에 대한 시각적 성능은 광선반이 설치되어진 실험실과 일반창호가 설치되어진 기준실에서 다르게 나타났다. 이를 통계적으로 분석하기 위하여 독립된 두 개 모집단의 평균차이 검증을 위한 t-test를 이용하였다.

표 7. 광선반의 유무에 따른 시각적 반응의 통계량

		N	평균	표준편차	표준오차
실내의 밝기	광선반실	36	5.61	0.99	0.17
	일반창호실	36	4.78	1.40	0.23
균제도	광선반실	36	6.00	0.63	0.11
	일반창호실	36	2.81	0.67	0.11
눈부심의 유무	광선반실	36	5.50	1.18	0.20
	일반창호실	36	2.58	1.46	0.24
블래눈부심	광선반실	36	5.47	0.81	0.14
	일반창호실	36	2.72	1.26	0.21
분위기	광선반실	36	5.86	0.87	0.14
	일반창호실	36	2.78	0.99	0.16
쾌적성	광선반실	36	5.94	0.63	0.10
	일반창호실	36	3.81	0.75	0.12
읽기 작업성	광선반실	36	5.94	0.75	0.13
	일반창호실	36	4.67	0.93	0.15
작업 시, 밝기만족	광선반실	36	6.08	0.65	0.11
	일반창호실	36	4.58	0.87	0.15
전체 만족도	광선반실	36	6.25	0.55	0.09
	일반창호실	36	3.92	0.73	0.12

T-test를 이용한 광선반의 유무에 따른 시각적 성능의 평균차이 검증 결과는 표 8과 같다. 두 모집단의 평균차이 검증은 두 모집단의 분산이 같다는 가정 하에 t-test를 사용한다. 따라서 등분산 검정 결과를 바탕으로 유의확률이 0.05이상인 항목은 두 모집단이 등분산 가정된 상태에서, 0.05이하인 항목은 등분산이 가정되지 않은 상태에서 t-test를 하였다.

광선반의 유무에 따른 실내공간의 시각적 성능의 평가차이에 대한 t-test의 유의확률은 0.05이하로 유의한 차이를 보이고 있다. 따라서 광선반의 유무에 따른 실내공간의 시각적 성능은 차이가 있다고 할 수 있다.

T-value는 평균차이를 표준오차로 나눈 값으로, 값이 클수록 차이가 크다고 할 수 있다. 평가항목에 대한 t-value는 2.92에서 20.83의 분포를 나타냈다.

특히 ‘실내공간에 분포된 자연채광의 균제도’에 대한 평가의 t-value는 20.83으로 시각적 성능의 차이가 가장 큰 것으로 나타났다. 따라서 실내공간에 분포된 자연채광은 일반 창호시스템이 적용된 경우에 비하여 광선반이 적용된 경우에 균일한 것으로 느끼며, 시각적으로 효과가 가장 크게 나타났다고 할 수 있다.

그 다음으로 시각적 성능의 차이가 큰 평가항목은 ‘전체적인 빛 환경에 대한 만족도(t-value=12.5)’, ‘실내공간의 분위기(t-value=14.0)’, ‘실내공간의 빛에 대한 쾌적성(t-value=12.5)’의 순으로 나타났다. 따라서 일반창호가 적용된 실내공간에 비하여 광선반이 적용된 실내공간에서 보다 빛 환경에 대한 만족도가 높고, 매력적으로 느끼며 쾌적성이 높다고 할 수 있다.

표 8. 광선반의 유무에 따른 시각적 반응의 t-검정

		Levene 등분산 검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
		F 값	유의 확률	t-value	자유도	유의 확률 (양쪽)	평균차이	차이의 표준 오차	차이의 95% 신뢰구간	
									하한	상한
실내의 밝기	등분산이 가정됨	5.25	0.02	2.92	70.00	0.00	0.83	0.29	1.40	0.26
	등분산이 가정되지 않음			2.92	63.22	0.00	0.83	0.29	1.40	0.26
균제도	등분산이 가정됨	2.00	0.16	20.83	70.00	0.00	3.19	0.15	3.50	2.89
	등분산이 가정되지 않음			20.83	69.79	0.00	3.19	0.15	3.50	2.89
눈부심의 유무	등분산이 가정됨	1.87	0.18	9.31	70.00	0.00	2.92	0.31	3.54	2.29
	등분산이 가정되지 않음			9.31	67.09	0.00	2.92	0.31	3.54	2.29
블래눈부심	등분산이 가정됨	7.44	0.01	11.04	70.00	0.00	2.75	0.25	3.25	2.25
	등분산이 가정되지 않음			11.04	59.82	0.00	2.75	0.25	3.25	2.25
분위기	등분산이 가정됨	0.07	0.79	14.07	70.00	0.00	3.08	0.22	3.52	2.65
	등분산이 가정되지 않음			14.07	68.82	0.00	3.08	0.22	3.52	2.65
쾌적성	등분산이 가정됨	1.26	0.27	13.11	70.00	0.00	2.14	0.16	2.46	1.81
	등분산이 가정되지 않음			13.11	68.00	0.00	2.14	0.16	2.46	1.81
읽기 작업성	등분산이 가정됨	4.02	0.05	6.42	70.00	0.00	1.28	0.20	1.67	0.88
	등분산이 가정되지 않음			6.42	67.24	0.00	1.28	0.20	1.67	0.88
작업 시, 밝기만족	등분산이 가정됨	7.83	0.01	8.27	70.00	0.00	1.50	0.18	1.86	1.14
	등분산이 가정되지 않음			8.27	64.60	0.00	1.50	0.18	1.86	1.14
전체만족도	등분산이 가정됨	1.23	0.27	15.25	70.00	0.00	2.33	0.15	2.64	2.03
	등분산이 가정되지 않음			15.25	65.20	0.00	2.33	0.15	2.64	2.03

4.5 광선반의 유무에 따른 실내공간의 빛 환경과 시각적 성능

광선반의 유무에 따른 실내공간의 빛 환경 성능은 기존에 수행된 연구에 의하여 증명된 바 있다[5]. 또한 본 연구에서는 광선반이 실제로 설치된 mock-up 공간에서 이에 따른 시각적 성능을 평가하였다. 이때 시각적 성능(visual performance)을 시각적 쾌적성(visual comfort)과 시작업 성능(task performance)을 포함하는 것으로 정의하였다. 또한 일반창호실과 광선반실의 시각적 성능의 실험에 의한 요인분석 결과에서도 시각적 성능을 가장 크게 설명할 수 있는 요인은 시작업 성능을 나타내는 '작업성'과 '쾌적성'인 것으로 분석되었다.

(1) 시작업 성능

광선반의 유무에 따른 두 실내공간에서 분석된 요인인 '작업성'에 공통적으로 포함된 평가 항목은 '읽기 작업시의 작업 성능'과 '읽기 작업시의 밝기의 만족도'이다. 또한 사무소 공간 사용자의 시작업 성능에는 작업면의 빛 환경이 중요한 요소이다. 따라서 광선반의 유무에 따른 작업면 조도와 시작업 성능을 분석하였다. 표 9는 광선반의 유무에 따른 각각의 실내공간에서 창으로부터의 거리에 따라 달라지는 물리적 요소인 작업면 조도와 주관적 요소인 '읽기 작업시의 작업 성능'과 '읽기 작업시의 밝기의 만족도'를 나타낸 것이다.

표 9. 광선반의 유무에 따른 작업면 조도와 시작업 성능

	일반창호실			광선반실		
	2m	4m	6m	2m	4m	6m
작업면조도	3,920	1,453	906	3,777	1,773	1,212
작업 밝기 만족	4.33	4.58	4.83	6.00	6.17	6.08
읽기 작업 성능	4.42	4.58	4.92	6.17	5.92	5.75

광선반의 유무에 따른 시작업 성능의 평가는 두 실 모두 7 scale에서 4 이상으로 나타났다. 이는 피험자가 두 실에서 모두 시작업 성능을 긍정적으로 평가하는 것으로 분석할 수 있다. 또한 측정된 작업면 조도가 900[lx] 이상을 나타내고 있다. 선행연구[14]에 의하면 작업을 수행하는 작업자는 일정한 조도레벨 이상에서는 조도의 변화와 상관없이 시작업 성능이 만족할 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 광선반이 적용 되었을 경우, 빛 환경 측면에서는 실 깊은 곳의 조도가 증가하여 균제도가 향상되었다. 주관적 평가의 측면에서는 시각적 성능의 t-test 결과, '실내공간에 분포된 자연채광의 균제도'에 대하여 가장 크게 차이를 나타내는 것으로 분석되었다. 또한 광선반에 의하여 향상되는 자연채광의 균제도는 실내공간의 시각적 환경을 개선한다[18].

따라서 피험자는 시작업 성능에 대하여 작업면의 조도의 변화에는 큰 영향을 받지 않았으며, 오히려 광선반이 적용된 실내공간에서 자연채광의 균제도 향상에 의하여 시작업 성능이 긍정적으로 평가된 것으로 분석할 수 있다.

(2) 시각적 쾌적성

시각적 쾌적성은 일반적으로 시각적 불쾌함을 유발하지 않는 시각적인 환경을 말한다[14]. 사무소 공간에서의 시각적 불쾌함은 창면의 눈부심에 의하여 발생하는 불쾌함에 의하여 영향을 받는다. 따라서 광선반의 유무에 따른 실내공간에서 창면을 바라보았을 때의 휘도 분포와 주관적 평가요소인 창면을 바라보았을 때의 '눈부심에 대한 불쾌함'을 분석하였다.

광선반의 유무에 따른 휘도의 분포를 분석한 앞의 3장에 의하면 창면 및 주변부의 휘도 분포는 광선반에 의하여 주변부의 휘도가 증가한 것을 알 수 있다. 특히 천장의 휘도가 가장 크게 증가하였는데, 기존에 Scale model을 이용하여 광선반에 의한 실내의 채광특성을 분석한 연구[5]에서는 창면 및 주변부의 휘도분포를 분석한 결과를 통하여 광선반에 의하여 천정의 휘도에 영향을 주어 천정을 2차 광원으로써 가능성을 제시한 바 있다.

불쾌눈부심은 인지되는 대상이 과다하게 밝으면 이것을 피하려는 과정에서 스트레스를 받게 되므로, 결과적으로 시각적 불쾌함을 느끼며, 시각적 불쾌함은 빛의 분배에 의해 불쾌한 영향을 미치는 경우에 발생하기도 한다[14]. 표 10에는 광선반의 유무에 따른 채광창과 조망창의 휘도를 나타내었으며, 같은 실에서 피험자가 평가한 불쾌눈부심을 나타내었다.

표 10. 광선반의 유무에 따른 휘도분포와 시각적 쾌적성

		일반창호실	광선반실
휘도 (cd/m ²)	채광창	4292(1)	4389(1)
	조망창	2332(0.75)	1852(0.42)
불쾌눈부심		2.27	5.47

광선반은 창의 조망부분에 대한 차양역할을 하기 때문에 직사일광으로 발생하는 불쾌눈부심을 방지하는 성능이 있다[18]. 광선반실의 경우, 채광창에 대한 조망창의 휘도비가 0.42로서 일반창호실의 0.75보다 낮기 때문에 광선반의 차양성능을 하였음을 알 수 있다.

불쾌눈부심의 평가도 마찬가지로 7 scale로 평가되었으며, 득점이 낮을수록 눈부심으로 인하여 불쾌하다는 것을 의미하고, 높을수록 불쾌하지 않다는 것을 의미한다. 피험자에 의한 '불쾌눈부심'의 평가 결과, 광선반 실에서 눈부심에 의한 불쾌함을 덜 느낀 것으로 분석되었다.

따라서 본 연구에서 적용된 광선반에 의한 조망창의 차양효과를 나타내고 있으며, 피험자는 눈부심에 의한 불쾌감을 덜 느끼는 것으로 분석할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 광선반 채광시스템이 적용되었을 경우의 사무소 공간의 빛 환경에 대한 시각적 성능을 평가한 것이다. Mock-up을 대상으로 한 광선반 채광시스템의 시각적 성능을 분석한 결과는 다음과 같다.

시각적 성능은 재실자의 시각적 쾌적성과 시작업 성능에 영향을 받는 것으로 정의되어진다. 본 연구에서는 광선반의 유무에 따른 시각적 성능이 어떠한 평가 속성으로 유형화 될 수 있는지를 분석하기 위하여 요인분석을 하였다. 이에 광선반의 유무에 따른 실내공간의 시각적 성능을 설명하는 요인은 ‘작업성(task performance)’와 ‘쾌적성(visual comfort)’인 것으로 나타났다.

본 연구는 광선반이 설치되었을 경우, 시각적 성능에 긍정적인 영향이 있을 것이라는 가설을 설정하였다.

광선반의 유무에 따른 시각적 성능에 차이가 있는지를 분석하기 위하여 평균득점 분석과 t-test를 하였다. 평균득점 분석에 의하면 광선반의 설치하는 시각적 성능의 측면에서 긍정적인 영향이 있는 것으로 분석할 수 있으며, t-test를 통하여 이러한 차이를 통계적으로 분석하였다.

광선반이 설치되었을 경우, 시각적 성능은 ‘실내공간에 분포된 자연채광의 균제도’에 대하여 가장 큰 차이를 나타내며 긍정적으로 평가되었다. 이것은 실내의 조도분포를 균일하게 하는 광선반에 의하여 그 시각적 성능이 가장 크고 긍정적으로 평가된 것으로 분석할 수 있다.

그 다음으로 시각적 성능의 차이가 큰 평가항목은 ‘전체적인 빛 환경에 대한 만족도’, ‘실내공간의 분위기’, ‘빛 환경에 대한 쾌적성’의 순으로 나타났다. 따라서 광선반이 설치된 경우, 시각적 성능은 빛 환경에 의한 시각적 만족도, 분위기 및 쾌적성의 측면에서 긍정적으로 높게 평가된 것으로 분석할 수 있다.

광선반에 의한 실내공간의 빛 환경과 시각적 성능을 분석하였다. 광선반이 적용된 경우, 자연채광의 균제도 향상에 의하여 시작업 성능이 긍정적으로 평가된 것으로 분석할 수 있다. 또한 광선반에 의한 조망창의 차양효과로 인하여 피험자는 불쾌눈부심을 덜 느끼는 것으로 분석할 수 있다.

따라서 사무소 공간에 광선반 채광시스템이 설치될 경우, 시작업 성능 및 시각적 쾌적성을 포함하는 시각적 성능 면에서 사용자들은 긍정적으로 반응할 것이며, 특히 본 연구에서 적용된 광선반 채광시스템은 빛 환경 측면에서 뿐만 아니라 사용자의 시각적 성능을 향상시키는 데 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업 (과제번호 M1-0300-00-0258)의 연구비 지원에 의한 연구결과의 일부임.

참고문헌

1. Marie-Claude Dubois, Impact of Shading Devices on Daylight Quality in offices. Lund University, 2001
2. Staffan Hygge, User Evaluation of Visual Comfort in Some Buildings of the Daylight europe Project, 1997
3. IEA SHC Task 31, www.iea-shc.org/task31
4. Helena Bulow-Hube et al 1, "Subjective reactions to daylight in rooms: Effect of using low-emittance coatings on windows", Lighting Research and Technology 27(1) pp.37-44 1995
5. Toshie Iwata et al 1, "Survey on workers' response to automated blind and lighting control systems in an office", IEA Task 31 and CIE Division 3 mini-conference, 2002
6. Toshie Iwata et al 4, "Experimental Study on the integrated lighting system with daylight and artificial light based on the subjective response and energy saving", IAEL(International Association for Energy-Efficient lighting) Right light 4 vol.2 pp.255-259, 1997년
7. Soo-Young Kim, "Analysis of fluctuation light on visual comfort for the applications of daylighting dimming control system", Doctoral Dissertation, University of Michigan, 2005
8. ETAP Lighting et al 2, "The ETAP daylight system user acceptance study"
9. Anna Pellegrino, "Indoor environmental conditions and users responses in offices", IEA SHC Task 31 & CIE Division 3, Mini-conference, Ottawa, 2002년 10월
10. The University of California IEQ(Occupant Indoor Environmental Quality) Survey, Lighting, (revised Jan. 13, 2005)
11. 김병수 외 2, "시각적 쾌적성과 에너지 성능분석에 의한 오피스 창호의 적정 투과율 선정", 대한건축학회 논문집 21권 3호, pp.107-115 2005년
12. 정인영, "복합투과방식을 적용한 실내환경의 채광성능평가", 경희대학교 박사학위논문, 2004
13. 이진숙 외 1, "창면 불쾌글레어 평가실험에 적용된 실험변수의 민감도 분석에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 20권 5호 2004년 5월, pp.193-200
14. 이영옥, "아트리움의 자연채광 성능평가에 관한 연구", 경희대학교 박사학위 논문, 1997년
15. 정유근 외 2, "유리색에 따른 아트리움 실내공간의 채광 분위기 평가", 한국생태환경건축학회 논문집 제3권 3호 pp.51-58, 2003년 9월
16. 하미경 외 3, "대학 강의실 환경개선 후 평가(POE) 연구", 대한건축학회 논문집 20권 10호 pp.23-31
17. 신현구, "광선반의 채광성능평가에 관한 연구", 경희대학교 석사학위논문, 2003
18. 유우상 외 1, "사무공간 레이아웃에 따른 근무자의 시각적 교류에 관한 연구", 한국실내디자인학회논문집 제 14권 5호, pp.37-43, 2005년 10월
19. www.kma.go.kr
20. www.learn.londonmet.ac.uk