

Pattern Search법을 이용한 강의실 조명 향상

(Improvement of lecture room light by pattern search method)

심용식* · 최홍규 · 박승원 · 서범관 · 임명현 · 신혜영

(Yong-Sik Shim* · Hong-Kyoo Choi · Seung-Won Park · Beom-Gwan Seo · Myung-Hwan Lim · Hye-Young Shin)

((주)태영건설* · 홍익대학교 · (주)MSJ 텍 · (주)삼우종합건축사사무소 · 홍익대학교 · 홍익대학교)

요약

강의실은 학생들이 학습을 하는 공간으로 정확한 정보취득과 시작업을 요한다. 강의실의 조명환경에 대한 문제점은 학습효과의 저하뿐만 아니라 학생들의 시력에도 악영향을 미치게 된다. 따라서 학생들이 대부분의 시간을 보내는 강의실의 알맞은 조명을 얻기 위한 연구가 필요하다. 현재의 대학 강의실의 일반조명시스템과 다운라이트를 적용한 조명시스템을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비교, 검토해보면 다운라이트를 적용한 조명 시스템은 강의실의 조도를 개선하며, 등기구 초기 투자 비용의 절감으로 경제성을 향상시키고 에너지 절약을 가져올 수 있다.

Abstract

Lecture room, space for student to study, need to get exactly information and show up what students are required. So, problems for illuminated environments are low effect of studying, and that students may get weak-sighted. Research is required to get enough lighting for lecture room which students spend most their time. If we compare lighting system for recent college lecture room with computer simulation, lighting system at the lecture room with down light will be improve intensity of illumination. Therefore we can get economical benefit and save energy.

1. 서론

조명의 질향상은 교육장소에서 교육자와 피 교육자와의 학습내용 전달에 아주 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 교육환경 개선을 위한 학교 강의실 조명은 교실에서 생활하는 교수, 학생들의 근시예방, 학습 효과의 향상, 건강한 심신형성을 위해 강의실 조명설계의 의의는 매우 중요한 역할을 차지한다. 강의실의 조명환경에 대한 문제점은 학습효과의 저하뿐만 아니라 학생들의 시력에도 악영향을 미치게 된다. 그러므로 교육받는 사람들이 대부분의 시간을 보내는 강의실의 알맞은 조명 즉, 좋은 조명을 얻기 위한 연구가 요구되어진다. 따라서 체계적인 연구를 하여 설계단계 에서 최적의 조명 기구 배치를 함으로써 조도 및 균제도, 에너지 절약 등을 예측하여야 한다.

본 논문에서는 사례연구대상으로 대학교 강의실을 선정하였으며 선정된 강의실의 현재조명과 강의실 교단부를 시청각 교육시에 필요한 차광각이 큰 다운라이트를 적용한 조명을 조도계산 프로그램을 이용한 시뮬레이션을 통해 조도 분포와 균제도, 휘도에 대해서 분석하였고, 강의실 조명조건을 최적화 하기위해 Pattern

Search 법을 이용 하여 검증하였다.

2. 본론

2.1 강의실조명 조건

2.1.1 좋은 조명의 조건

표 1. 좋은 조명의 조건

Table 1. Conditions of good luminance

좋은조명의 조건	실리적 조명	점수
조도	시작업의 특성에 따라 요구되는 최소한의 밝기 확보	25
광속발산도 분포	밝기의 차이가 작을수록 좋다. 조도의 균제도나 휘도대비로 평가	25
정반사	직접글래어와 반사글래어를 동시에 고려	10
그림자	시작업에 방해되는 그림자가 있으면 안되나 적절한 입체감의 표현	10
분광분포	색온도와 평균연색평가수의 기준에 부합	5
심리적 효과	밝은 날의 옥외의 감각	5
미적효과	간단한 기하학 도형배열	10
경제	발광효율 등 에너지 효율이 높은 시스템	10
총점		100

2.1.2 조도

물체를 보거나 작업을 하는곳은 필요한 밝음이 있다. 기준치 이상 밝을수록 시력이 좋아지므로 좋기는 하나 균제도를 고려하지 아니한 조명은 좋은 조명도 아니고 경제성에서도 한도가 있다. 일반적으로 조도가 높을수록 좋은 조명이 된다. 그러나 조도를 높게 하면 같은 종류의 광원을 사용할 경우 설비비와 유지비도 높아진다. 그러므로 기준조도에 맞는 최적의 등기구 배치가 요구된다. KSA3011 기준조도에서 강의실(교실)의 조도 분류는 G에 해당하며 조도범의는 최저 300[lx], 표준 400[lx] 그리고, 최고 600[lx]이다. 본논문에서는 최고 기준조도인 600[lx]를 적용하였다.

2.1.3 균제도

조명이 설치되어진 공간에서 조도에 의한 빛의 균일한 정도를 균제도라 한다.

학교의 강의실이나 사무실 등과 같이 실내에서 동일한 작업이 행하여지는 공간에서는 책상, 작업면 등과 주변의 밝기가 어느 정도 고른가를 판단하고 작업자에게 시각적 피로도를 경감시키기 위하여 균일한 밝기의 분포를 주는 것이 바람직하다.

이러한 균제도는 조명설계에서 무척 중요하다. 균제도는 1에 가까우면 조도분포가 균일하다는 것을 의미하고 조도분포가 고르지 못한 경우에는 값이 작아진다. 일반적으로 균제도의 허용한계는 0.3보다 크면 양호하다고 판정한다. 본 논문에서는 0.3보다 큰 값만 검토대상으로 하였다.

2.1.4 휘도의 판정법

휘도의 판정법은 영국의 조명학회 규격과 미국의 조명학회 규격, 오스트레일리아의 규격으로 판정한다. 본 논문에서는 오스트레일리아의 규격으로 판정한다.

오스트레일리아 규격의 판정법은 광원의 배열 방향

에 의해서 방의 치수 T,P를 결정하고 작업자의 눈 위치, 광원까지의 높이 h에서 아래 표를 적용하는 것으로서 [표2]에서 얻은 휘도가 최대휘도의 값보다 작은 경우에는 그 조명 등기구 배치는 양호한 것으로 판정한다.

표 2. 조명기구의 휘도 적용표

Table 2. Lighting Ratio of Application table by luminance

		방의치수P/h									
		2	3	4	5	6	7	8	10	12	14
방의 치수 T/h	3	1.24	1.24	93	93	93	93	93	93	93	93
	4	1.24	0.93	93	62	62	62	62	62	62	62
	5	93	93	62	62	47	47	47	47	47	47
	6	93	62	62	47	47	47	47	47	47	47
	7	93	62	47	47	47	47	47	47	47	47
	8	62	47	47	47	47	47	47	47	47	47
	10	47	47	47	31	31	31	31	31	31	31

본 논문에서 적용한 휘도의 한계는 다음과 같다.
 $h = 2.65(\text{등기구 높이}) - 1.2(\text{눈의 높이}) = 1.45[m]$

$$\frac{P}{h} = \frac{7.2}{1.45} = 4.96 \approx 5 \quad (1)$$

$$\frac{T}{h} = \frac{17.5}{1.45} = 12.09 \approx 10 \quad (2)$$

[표 2]에 의해 휘도의 한계는 0.31[cd/cm²]이 된다.

2.2 강의실 조명 설계

2.2.1 사례연구대상 강의실

기존의 강의실의 제원은 17.5[m]×7.2[m]이고, 천장의 높이는 2.65[m], 책상의 높이는 0.8[m]이다. 마감재는 천장은 텍스, 벽은 수성백색 페인트, 바닥은 농색 인조석을 사용하였고, 반사율은 천장을 80[%], 벽 50[%], 바닥 20[%]이며, 조명기구는 2등용FL 32W 30EA 를 취부하고 있다. 형광등 기구의 광속은 5600[lm]이다.

조도계산 프로그램인 Relux를 이용하여 사례연구대상 강의실을 시뮬레이션한 결과 평균조도가 739[lx], 균제도는 0.62, 휘도는 0.59[cd/cm²]의 값이 나왔다.

2.3 Pattern Search법을 이용한 최적화 조명설계

Pattern Search법은 최적화 기법의 하나로 목적함수를 최적값으로 하는 미지의 변수값을 구하는데 널리 사용되고 있다.

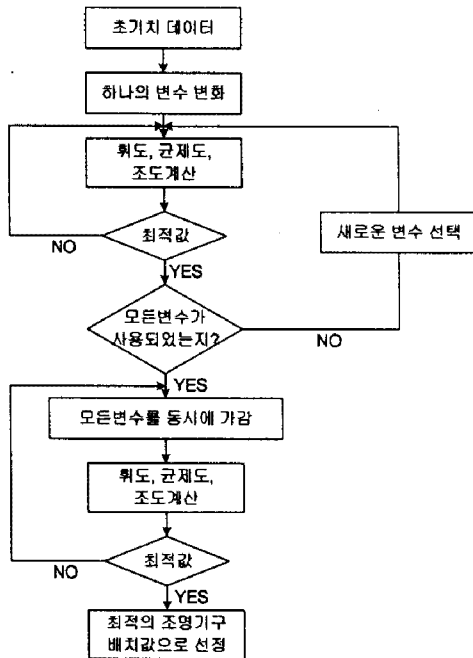


그림 1. Pattern Search법을 이용한 최적 조명설계 순서도

Fig. 1. Pattern Search method Flow chart

조명설계에 있어서 목적함수 F_j 로는 조명기구와 기구 사이 간격, 벽과 조명기구사이 간격, 최대조도, 평균조도, 최소조도, 균제도, 휘도, 에너지 절약측면에서 전력 소비량 등 여러 가지가 될 수 있으나, 본 논문에서는 조명설계시 고려 사항 중 가장 중요한 평균조도, 휘도, 균제도를 목적함수로 정하였다. 조명설계시 고려해야 할 변수 X_j 는 각 건축물 면적별 요구조도, 조명기구 배치간격, 조명기구 종류, 배광곡선, 등이 포함된다.

본 논문에서는 각 조명설계에 따른 최적 조명설계 알고리즘을 제안하고자 한다. 종합 목적함수 J_k 는 m 개의 목적함수의 합으로 이루어진다. 즉,

$$J_k = \sum_{j=1}^m W_j \times F_j(X_j) \quad (1)$$

for $j = 1, 2, 3, \dots, m$

으로 표현한다. 여기서, W_j 는 가중치를 나타내는 계수이다. 조명설계의 선정에서 평균조도, 휘도, 균제도에 대해서 목적함수를 단위화 시키기위해 가중치를 본 논문에서는 다음과 같이 선정 하였다. 가중치는 목적함수의 중요도에 따라 평균조도의 경우 10^3 , 휘도의 경우 10^4 , 균제도1,2의 경우 10^2 으로 정하였다.

2.3.1 강의실의 시뮬레이션 조건

본 시뮬레이션을 위한 강의실은 사레연구대상 강의실의 등기구 배치에서 형광등의 수를 줄이고 균제도를 향상시키며, 휘도를 낮추어 학생들의 눈의 피로를 덜어 주기위해 교단부에 다운라이트 26W 6등을 설치하였다.

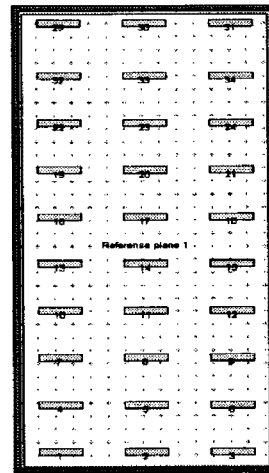


그림 2. 사레연구대상 강의실의 조명기구 배치도
Fig. 2. The arrangement plan of original classroom an illuminator

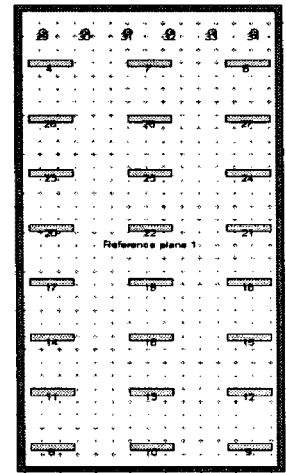


그림 3. 다운라이트 적용 강의실의 조명기구 배치도
Fig. 3. The arrangement plan of classroom an illuminator with downlight

- X_1 : 옆벽과 다운라이트등과의 거리
- X_2 : 다운라이트등과 다운라이트등과의 거리
- Y_1 : 앞쪽벽과 다운라이트등과의 거리
- Y_2 : 다운라이트등과 형광등과의 거리

벽과 다운라이트등과의 간격 X_1 은 $H/2 \geq X_1$ 규정에 적합하게 적용하였으며, 시뮬레이션을 위해 Relux프로그램을 사용하였다.

위와 같은 변수의 변화를 통해 조도, 휘도, 균제도의 최적값을 도출하였다.

표 4. 최적 배치 간격에 따른 다운라이트 위치
Table 4. Downlight allocation according to efficiency of distance

구분	X1	X2	Y1	Y2	조도	휘도	균제도1	균제도2
case 1	0.8	1.12	0.8	1.2	658	0.344	59	50
case 2	0.7	1.16	0.8	1.2	658	0.343	60	52
case 3	0.8	1.12	0.7	1.3	658	0.343	61	53
case 4	0.2	1.36	0.4	1.6	653	0.341	67	58
case 5	0.2	1.36	0.3	1.7	651	0.34	66	57
case 6	0.3	1.32	0.3	1.7	651	0.34	64	55

최적의 조도분포를 나타낼 수 있는 다운라이트의 배치 간격값을 찾기 위해서는 도출된 [표3]의 값을 동시에 가감하여 Pattern Search 법에 의해 최적의 조도, 균제도, 눈부심 결과를 갖는 조명 등기구 배치값을 얻을 수 있다.

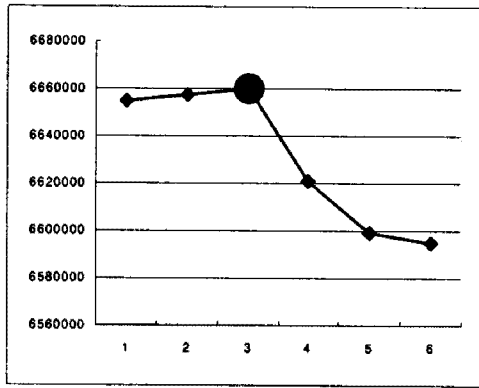


그림 5. Pattern Search법을 통한 최적값 그래프
Fig. 5. optimization graph by Pattern search method

Pattern Search법으로 분석한 결과 다운라이트의 위치는 case3과 같이 $X_1=0.8$ $X_2=1.12$ $Y_1=0.7$ $Y_2=1.3$ 의 간격으로 설치해야 해야 한다.

3. 결론

교육환경에서 가장 중요한 강의실의 조도와 경제성 향상을 위해 사례연구대상 강의실과 비교 검토한 결과, 사례연구대상 강의실은 2등용 FL 32W 30등을 설치하였지만 본 논문에서 제시하는 강의실의 경우 형광등의 개수를 24등으로 줄이고 그 부분을 다운라이트 6등으로 대체하였다. 그 결과 KSA3011 기준조도에 적합한 조도값 658[lx]을 확보할 수 있었고, 균제도 또한 허용한계인 0.3보다 큰 0.61이 나왔다. 휘도는 0.343[cd/cm²]로 위에서 구한 휘도의 한계0.31[cd/cm²]보다 큰 값이므로 양호 하다할 수 있으며, 사례연구대상 강의실 보다 눈부심이 적은 조명이라 할 수 있다. 이처럼 강의실의 적합한 조건들을 만족하면서 형광등기구의 수를 줄일 수 있어 경제성을 향상 시킬 수 있다. 설치비가 등기구 1set당 약 65,000원 정도의 형광등기구 대신 약 25,000원 정도의 다운라이트등을 사용하므로 초기 투자비용 공사비가 절감되며, 총 전력소비량을 비교해보면, 형광등 30등을 구비한 강의실은 1,920W인데 비해 다운라이트등을 적용한 강의실은 1,692W로 약 11.9%의 에너지 절약효과를 얻을 수 있을것이라 기대된다.

본 연구의 결과를 바탕으로 향후에는 다운라이트의 배치범위를 넓히고, 형광등과의 가장 적절한 비율을 검토해보아야 하며, 현재 각광받고 있는 LED광원에 대한 검토와 함께 다운라이트를 LED로 교체 하여 강의실 조명의 품질을 더욱 향상시킬 수 있는 방안들을 고려해 보아야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 최홍규, 최병숙, 조경남, 조계술, 김정한, 김성수, 조의상, 정성윤, “학교 강의실 조명에 대한 에너지 절약과 균제도에 관한 연구”
- [2] 최윤정, 이상운, 조현주, “대학교 대형강의실의 조명조건 별 조명환경평가”
- [3] 한국산업규격; 조도기준 KSA3011
- [4] 김덕구, 오성보, “강의실 조명설계의 경제성 평가”
- [5] 김현지, 안옥희, “실내공간에서의 인공조명 균제도 산출방법에 대한 일고찰
- [6] 최홍규, 최병숙, 서범관, “Pattern Search법을 이용한 축구 전용 경기장의 조명기구배치에 따른 조도분포 해석
- [7] Albert Einstein, LENS-LIKE ACTION OF A STAR BY THE DEVIATION OF LIGHT IN THE GRAVITATIONAL FIELD
- [8] 이철균, Pattern Search Method와 결합된 니칭 유전 알고리즘
- [9] 유수경, “학교 교실 조명현황에 관한 조사연구”