

균제도를 고려한 조명설계의 경제성 평가

오 성 보*

Economical Efficient Evaluation of Lighting Design Considering Uniformity Ratio

Seong-Bo Oh*

ABSTRACT

Lighting must be visually comfortable and be responsive to the psychological and emotional needs of learners. The goal of educational facility lighting is to provide in a visual environment for both student and instructor that is supportive of the learning processes. This paper presents study on actual illumination environment of college and comparison of economical efficiency in order to figure out illumination problems. Furthermore, it attempts to suggest an optimum design of lecture room illumination through computer simulation. We try to evaluate economical efficiency of lighting design in lecture room under the illumination plan which is based on illumination maintenance and uniformity ratio that K.S. illumination standard sets.

Key words : Lighting design, uniformity ratio, economical efficient evaluation

1. 서 론

인간이 존재하고 활동하는 모든 분야에서 알맞은 조명 없이는 능률적이고 쾌적하게 영위할 수 없다. 따라서 알맞은 조명 즉, 좋은 조명을 얻기 위해서는 조명에 대한 테크놀로지가 요구되어 진다.

조명은 물리적인 빛만이 아니고 조명심리, 조명생리 적면까지도 고려되지 않을 수 없다. 특히 최근 조명은 단순히 채광을 위한 목적만이 아니고 인간을 중심으로 한 즉, 쾌적한 분위기를 가진 환경을 만드는 것이 중요하다. 조명환경은 주어진 공간의 기능적 욕구를 만족시켜야 함은 물론이고, 인간의 내면에 잠재한 무

의식적인 욕구도 충족할 수 있어야 한다.

대학강의실의 조명은 교육에 충분한 밝음과 질적인 조명으로 수업에 충실할 수 있는 밝기를 주어 교수와 학생들에게 시력보호와 수업효과의 향상을 도모하는데 매우 중요한 역할을 한다.

이 연구는 이와 같은 강의실 조명설계의 중요성을 감안하여 교수와 학생들이 눈의 건강을 해치지 않도록 함은 물론 교육, 연구 활동 등을 효율적으로 수행할 수 있는 대학강의실 조명설계에 있어 균제도를 고려한 강의실 조명 설계의 모델을 제시하고 경제성을 평가하고자 한다.

II. 조명계획의 고려사항

조명 계획은 기술적인 면과 감각적인 면 두 가지

* 제주대학교 전기전자공학부, 첨단기술연구소
Faculty of Electrical & Electronic Eng., Cheju Nat'l Univ., Res. Inst. of Adv. Tech.

측면에 의해 고려되어야 한다. 이 둘의 중요성은 일반적으로 동등하게 보나 장소에 따라 그 중요도는 달라진다. 이러한 점을 고려한 좋은 조명은 적어도 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

- 충분한 조도를 확보할 것
- 균일한 조도를 확보할 것
- 조명의 효율이 좋을 것
- 조명기구의 배치가 효율적일 것
- 경제성이 있을 것

특히 강의실의 조명은 적당한 빛의 밝음과 균일한 양질의 조명분포가 요구되어진다.[1]

2.1. 조 도

작업의 장소 및 종류에 따라 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.[2] 그러므로 기준조도에 맞는 최적의 등기구 배치가 요구된다.

K.S. 기준조도에서는 강의실(교실)의 조도분류는 G에 해당하며 조도범위는 최저 300[Lux], 표준 400[Lux] 그리고, 최고 600[Lux]이다.

2.2. 균제도

대상물을 보기 쉽고 불필요한 피로가 생기지 않도록 하기 위하여 균일한 밝기의 분포를 주는 것이 바람직하다. 이러한 밝기의 변화를 나타내는 척도로서 균제도를 사용한다. 대학의 강의실이나 사무소 등과 같이 실내에서 동일한 작업이 행하여지는 공간에서는 균일하고 충분한 조도가 바람직하며 이러한 균제도는 조명계획에서 무척 중요하다.

조명이 설치되어진 공간에는 공간의 넓이, 구조 및 광원의 종류, 수량, 배치, 높이 등 여러 요인들에 의해 부분적으로 조도의 차이의 비를 균제도라 한다.

적당한 균제도는 최소조도/최대조도 [균제도1]는 1/3이상, 최소조도/평균조도 [균제도2]는 1/2이상인 것이 좋다.[3]

III. 조명 실태 조사

제주대학교 교양강의동 건물의 강의실 조명설비 현황을 조사한 결과 형광등 설치현황은 형광등 40[W] double 6등배열인 강의실이 3개실, 9등배열이 6개실, 16등배열이 3개실, 20등배열이 3개실로 설치되어있으며, 그 중 40명 단위의 기준 강의실의 실태조사를 통하여 조도 측정을 실시하였다.

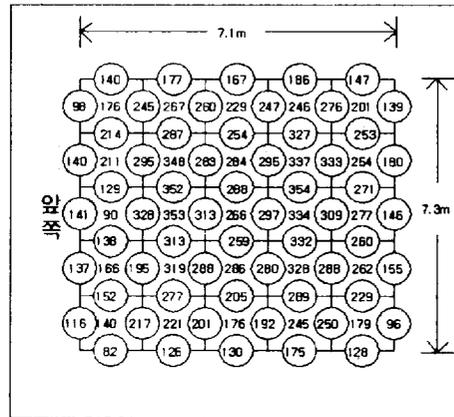


Fig.1. Values of illumination photometry in lecture room

형광등 40[W] double 6등의 조도를 실측한 결과 Fig. 1과 같으며, 강의실 기준조도에 따른 평균조도, 균제도 등 측정 계산치를 Table 1에 제시하였다. 평균 조도 242[Lux], 균제도 1이 0.231, 균제도 2가 0.338로 전부 기준치에 미달되어 조명개선이 요구되었다.[4]

Table 1. Installation conditions of illumination and uniformity ratio by measurement

item	luminaire number	six luminaires
	average photometry illumination[Lux]	242
uniformity ratio 1	0.231	
uniformity ratio 2	0.338	

IV. 최적설계 시뮬레이션

강의실내 조도에 영향을 주는 조도 조건으로 작업면의 높이는 77[cm], 피조면에서의 조명기구까지의 높이는 2.03[m], 강의실의 가로 길이는 7.1[m], 강의실의 세로 길이는 7.3[m]로 하였고, 적용반사율은 천장은 흰색을 적용하여 0.808, 벽면은 아이보리색을 적용하여 0.788, 바닥은 대리석색을 적용하여 0.443, 창문커튼은 녹색의 0.306의 값을 적용하였고 보수율은 0.7을 적용하였다. 사용한 시뮬레이션의 프로그램은 Lighting Technologies Inc. 사의 Lumen Micro 2000을 사용하였다.[5]

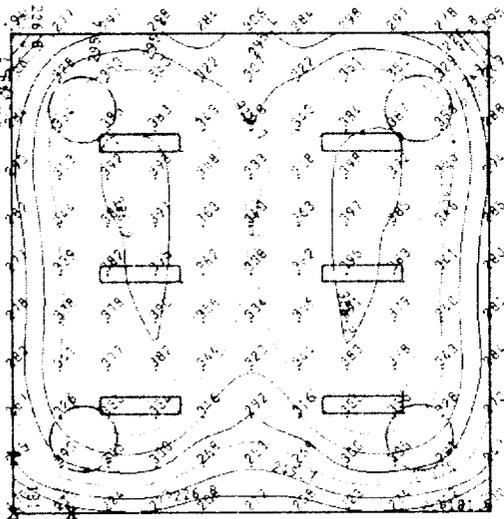


Fig. 2. Iso-lux diagram of grid by simulation of system 1

일반적으로 많이 사용하는 40인실을 기준으로 한 6등 배열이 되어 있는 한 개의 강의실 4224호실에 대해 기존의 일반형광등 40[W] double 6등을 설치된 상태에서 다운라이트 13[W] double 4등을 추가로 설치한 조명시스템 1과 기존의 일반형광등 40[W] double 6등을 위치조정하고 추가로 같은 일반형광등 40[W] double 2등을 설치하여 일반형광등 40[W] double 8등인 조명시스템 2의 책상 면에서의 조도분포를 수치로 나타낸 것이다. 시스템 1의 책상 면을 기준으로 한 강의실 전체의 등가 조도 분포 곡선을

Fig.2에 나타낸 것이고, Fig. 3은 시스템 2의 책상 면을 기준으로 한 강의실 전체의 등가 조도 분포 곡선을 나타낸 것이다.

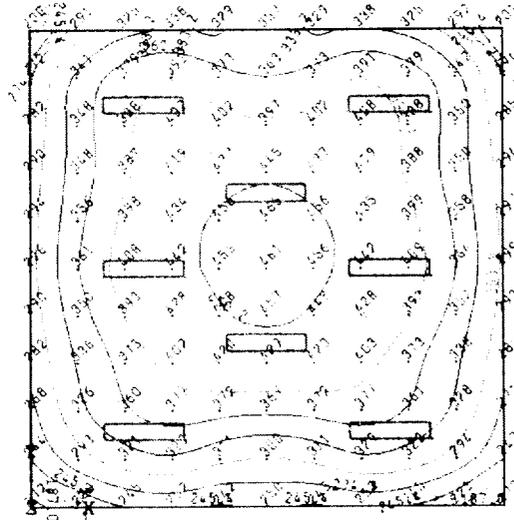


Fig. 3. Iso-lux diagram of grid by simulation of system 2

시스템 1의 조명 시뮬레이션을 한 결과는 Table 2에서와 같이 평균조도는 318.4[Lux]로서 기준인 최저 평균조도가300[Lux] 이상이며, 또한 균제도1은 0.425로서 기준인 1/3이상이고, 균제도 2는 0.532로서 기준인 1/2이상으로 평균조도, 균제도 1 및 균제도 2 모두 양호한 결과를 보였다.

시스템 2의 조명 시뮬레이션을 한 결과 Table 3에서와 같이 평균조도는 348.4[Lux]로서 기준인 최저 평균조도가300[Lux] 이상이며, 또한 균제도 1은 0.370으로 기준인 1/3이상이고, 균제도 2는 0.494로서 기준인 1/2이상으로는 조금 못 미쳤으나 시스템 1과 시스템 2가 거의 비슷하게 나타나 평균조도, 균제도 1 및 균제도 2 모두 양호한 결과를 보였다.

그러므로 시스템 1과 시스템 2는 둘다 조명설계시 요구되는 기준 조도 및 균제도에 적합하여 양호한 조명설계로 사려되어져 좋은 조명의 조건 중에서 두 시스템에 대한 경제성 비교가 요구되어졌다.

Table 2. Illumination simulation of system 1

item \ luminaire number	six luminaires and downlight four luminaires
average photometry illumination [Lux]	318.4
uniformity ratio 1	0.425
uniformity ratio 2	0.532

Table 3. Illumination simulation of system 2

item \ luminaire number	eight luminaires
average photometry illumination [Lux]	348.4
uniformity ratio 1	0.370
uniformity ratio 2	0.494

V. 조명설계의 경제성 평가

조명경제란 조명의 설계·시공과 관련하여 경제성을 평가하는 일련의 과정들을 말하는 데 여기서 경제성 평가란 어떤 조명시스템이 경제적으로 유리한가를 검토하기 위한 수단을 가리킨다. 조명시스템을 설계하는 경우 경제성을 설계초기에 평가하여 같은 기능을 가진 시스템에서 최소의 비용이 드는 시스템을 선정하여야 할 것이다. 경제성을 평가하는 방법에는 비용/편익 분석을 통하여 평가하는 방법과 여러 대안의 비교분석을 통해 평가하는 방법이 있다. 전자는 일반적인 경제성 분석의 방법으로 편익의 계량이 매우 어렵고, 후자는 비용을 중심으로 하기 때문에 상대적으로 용이하여 많은 채용된다. 또 평가 범위에 따른 분류로서 단순 조명경제 분석과 정밀 경제분석이 있다.

시뮬레이션을 통하여 평균조도 및 균제도 1과 균제도 2를 모두 양호한 결과를 나타내는 Fig. 2의 일반형 광등과 다운라이트가 조합된 강의 실의 조명시스템과 Fig. 3의 일반형광등 8등으로만 설치한 시스템 2를 가지고 경제성 분석을 하기 위하여 조명 기본입력 데이터와 경제입력 데이터를 입력하여 경제계산후 강의실

1실을 대상으로 단순 조명경제비 분석으로 경제성을 평가한다. 분석 대상항목으로 관심 있는 것만을 선정한 후 나머지 조건을 무시하는 순간적 경제성 분석이다.

5.1. 조명시스템의 경제성 분석의 구성

조명시스템의 경제성 분석의 구성형태는 한 개의 단위 강의실에서 두 개의 조명시스템 모델의 설계하여 두 시스템의 경제성 분석하고자 기본입력데이터, 경제입력데이터를 입력하여 경제계산 및 경제성 분석을 할 수 있도록 만든 구성형태이다.

5.1.1. 기본입력 데이터

기본 입력 데이터 1~13번까지는 기본적으로 사항을 기록하며 계산한 날짜, 조명시설명, 조명기구형명, 램프형명 등 기초적인 자료를 입력한다.

- (1) 계산 년 월 일 (2) 조명시설명
- (3) 조명기구형명 (4) 램프형명(A)
- (5) 램프형명(B)
- (6) 조명시설의 폭(m) : 실의 폭을 기록
- (7) 조명시설의 길이(m) : 실의 길이를 기록
- (8) 실공간의 높이(m) : 바닥에서부터 천장 등기구 설치장소까지의 높이를 기록
- (9) 바닥공간의 높이 : 바닥에서부터 책상 위 면까지의 높이를 기록
- (10) 조명기구당 취부램프수 : 조명기구1대당 램프 설치수
- (11) 면적(m²) : 실의 가로×세로의 면적을 기록
- (12) 조명기구 대수 : 실 한 개의 조명기구의 수량을 기록
- (13) 조명기구 대수 : 실 한 개의 조명기구의 수량을 기록

5.1.2. 조명경제입력 데이터

조명 경제입력 데이터 14~23번까지는 조명기구 사용대수, 조명기구 단가, 조명기구 설치단가, 연간점등 시간, 조명기구 입력전력, 전기요금 등을 입력한다.

- (14) 조명기구 사용대수 : 실 한 개의 조명기구사용 대수
- (15) 조명기구 사용대수 : 실 한 개의 조명기구사용 대수
- (16) 조명기구 단가(A)(원) : 조명기구 1개당 단가 (한국불가협회, 2003)
- (17) 조명기구 단가(B)(원) : 조명기구 1개당 단가
- (18) 조명기구 설치단가(A)(원) : 조명기구의 값을 제외한 설치비용단가
- (19) 조명기구 설치단가(B)(원) : 조명기구의 값을 제외한 설치비용단가(건설연구사, 2003)
- (20) 연간점등시간(h) : 1년 동안의 점등시의 사용 시간
- (21) 조명기구 입력전력(A)(w) : 조명기구 1대당의 소비전력
- (22) 조명기구 입력전력(B)(w) : 조명기구 1대당의 소비전력
- (23) 전기요금(원/kw) : 1kw당의 전력사용량요금

5.1.3. 경제 계산

경제 계산 24~27번까지는 1실당의 조명기구비, 조명기구 설치비, 연간전력량, 연간 전기요금을 계산하여 입력한다.

- (24) 조명기구비(원) : 실 1개당의 설치비를 제외한 조명기구의 단가
- (25) 조명기구 설치비(원) : 방 1개당의 조명기구비를 제외한 설치비용
- (26) 연간 전력량(kwh) : 실 1개당의 1년동안의 전력량
- (27) 연간 전기요금(원) : 실 1개당의 1년동안의 전기요금(세전) [6]

5.1.4. 경제성 비교

1실당의 등기구 비용은 데이터 (24)에 그리고 등기구 설치비는 (25)에 계산하였으며 이를 근거로한 공사원가 계산은 시스템1은 Table 4에 시스템 2는 Table 5에 계산하여 나타내었다.

경제 비교데이터 (28)번은 1실당의 원가계산후의 조명기구 설치비 및 연간관리비용 총계를 계산하여 입

력한다.

Table 4. The calculator of construction original cost on system 1

Item(classification)	Amounts	Component ratio	Note
Direct material cost(A1)	353,000		
Sub total(A)	353,000		
Direct labor cost(B1)	310,792		
Indirect labor cost(B2)	43,510	14%	B1
Sub total(B)	354,302		B1+B2
Rest of expenses(C1)	35,365	5%	A+B
Sub total(C)	35,365		
Total	742,667		A+B+C
General management expenses(D)	44,560	6%	A+B+C
Profit(E)	65,134	15%	B+C+D
Total cost(F)	852,361		A+B+C+D+E
Tax on value added(G)	85,236	10%	F
Total amounts	937,597		won

(28) 조명기구설치비 총계(원) : 실 1개당의 원가계산후의 설치비 총계

(29) 연간전기요금 총계(원) : 실 1개당의 1년동안의 전기요금을 기록

Table 5. The calculator of construction original cost on system 2

Item(classification)	Amounts	Component ratio	Note
Direct material cost(A1)	408,800		
Sub total(A)	408,800		
Direct labor cost(B1)	305,808		
Indirect labor cost(B2)	42,813	14%	B1
Sub total(B)	348,621		B1+B2
Rest of expenses(C1)	37,871	5%	A+B
Sub total(C)	37,871		
Total	795,292		A+B+C
General management expenses(D)	47,717	6%	A+B+C
Profit(E)	65,131	15%	B+C+D
Total cost(F)	908,140		A+B+C+D+E
Tax on value added(G)	90,814	10%	F
Total amounts	998,954		won

교양강의동 42개 강의실을 기준으로 하여 비교계산한 결과는 Table 6과 같고, 그에 따르면 조명기구설치비는 시스템 1이 39,379,074원으로 계산되었고, 시스템 2가 41,956,068원으로 초기 투자비용은 시스템 1이 시스템 2보다 2,576,994원이 적게, 연간전기요금은 시스템 1이 7,022,862원 이 들고 시스템 2는 7,983,360원이 들어 시스템 1이 시스템 2보다 연간전기요금이 960,498원이 적게 드는 것으로 나타나 경제성은 시스템 1의 다운라이트를 조합한 조명모델로 조명설계를 하면 경제성이 있는 것으로 평가되어 이와 같은 조명설계시스템 도입이 필요한 것으로 나타났다.

VI. 결 론

균제도를 고려한 대학강의실의 최적조명 설계의 경제성을 평가하기 위하여 제주대학교 교양강의동 건물 강의실의 조명실태를 조사하여 40인 실을 기준 6등배열이 되어있는 4224호 강의실에 대하여 실제조도측정결과 기준 평균조도가 242[Lux], 균제도 1이 0.231, 균제도 2가 0.338로 전부 기준에 미달되는 것으로 나타났다.

그러므로 기존의 일반형광등이 설치된 상태에서 위치를 조정하지 않고 다운라이트 13[W] 더블 4등을 추가로 설치하여 양호한 결과를 얻은 시스템 1과 일반형광등 8등으로만 설치한 시스템에 대하여 균제도 평가가 양호한 결과를 얻을 수 있어 두 시스템에 대한 단순 조명 경제비교분석을 사용하여 경제성을 평가하였다.

시스템 1이 시스템 2보다 초기 투자비용 공사비 차액이 2,576,994원, 1년간 전기요금 차액 960,498원을 합하면 3,537,492원이 절감되는 것으로 나타남에 따라 앞으로 대학강의실 등의 조명설계의 시스템은 다운라이트를 조합한 조명시스템 1을 적용하여 설계 시에 반영한다면 에너지 절약 효과는 물론 대학강의실의 최적조명설계 및 경제성에 부합하는 조명모델로 활용가능하리라 사려된다.

참고문헌

- 1) 좌승택, 2000, 학교교실의 환경개선을 위한 조명설계 연구, 제주대학교 산업대학원 석사학위논문, pp. 4-13.
- 2) 지철근, 1994, 조명원론, 문운당, pp.12-14.
- 3) 김현지, 안옥희, 1999, 실내공간에서의 인공조명 균제도 산출방법에 대한 일고찰, 조명·전기설비학회 논문지, Vol.13, No.2, pp.10-11.
- 4) 양완국, 오성보, 2002, 대학 강의실의 환경개선을 위한 조명설계, 제주대학교첨단기술연구소, Vol.13, No.2, pp.116-122.
- 5) 오성보, 김덕구, 2003, 대학강의실의 최적조명설계, 제주대학교첨단기술연구소, Vol.14, No.1, pp.168-173.
- 6) 심상만, 김훈, 2000, 조명시스템의 경제성평가를 위한 Worksheet 적용, 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol.14, No1, pp.7-13.

Table 6. The comparison of economical efficient on lighting system

Classification	Num.	Contents	System 1	System 2	Note
(1) Basic input data	1	Calculation data	2003.4.11	2003.4.11	
	2	Type of lighting room	lecture room	lecture room	
	3	Type of illuminat	opened underside	opened underside	
	4	Lamp type(A)	FL40W/2	FL40W/2	
	5	Lamp type(B)	DL13W/2	-	
	6	Width room(m)	7.1	7.1	
	7	Length room(m)	7.3	7.3	
	8	Height room(m)	2.8	2.8	
	9	Height desk(m)	0.77	0.77	
	10	Lamps per illuminat	2	2	
	11	Area room(m ²)	51.83	51.83	
	12	Number illuminat(A)	6	8	
	13	Number illuminat(B)	4	-	
(2) Economical input data	14	Number using illuminat(A)	6	8	
	15	Number using illuminat(B)	4	-	
	16	Unit cost illuminat (A)(won)	51,100	51,100	
	17	Unit cost illuminat (B)(won)	11,600	-	
	18	Installation cost illuminat (A)(won)	38,226	38,226	0.46person ×₩ 83,100
	19	Installation cost illuminat (B)(won)	20,359	-	0.245person ×₩ 83,100
	20	Lighting time per year(h)	2,400	2,400	8months×30days ×10hours
	21	Input power illuminat (A)(w)	100	100	50w×2unit
	22	Input powr illuminat (B)(w)	26	-	13w×2unit
	23	Power rate(won/kw)	90	90	the unit cost per 1kw
(3) Economical calculation	24	Cost illuminats(won)	353,000	408,800	1 room
	25	Installation cost illuminats(won)	310,792	305,808	1 room
	26	Amount of power rart per year(kwh)	1,689	1,920	1 room
	27	Power rate per year(won)	152,010	172,800	1 room
(4) Comparing economical efficiency	28	Total installation cost of illuminats(won)	937,597	998,954	after calculating cost (a room)
	29	Total power rate per year(won)	167,211	190,080	after imposing tax (a room)
(5) Total comparing economical efficiency	30	Total installation cost of illuminats(won)	39,379,074	41,956,068	afetes calculatiing 42rooms
	31	Total power rate per year(won)	7,022,862	7,983,360	