

주광을 활용한 LED조명시스템의 컨트롤에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Control Strategy of LED System Using Daylight

윤 경* 윤 갑 천** 김 강 수***
Yun, Gyeong Yoon, Kap-Chun Kim, Kang-Soo

Abstract

Visual Environment and productivity are correlated. So we need to create a comfortable visual environment and maintain proper workplane illumination level. We can obtain lighting energy savings and comfortable visual environment using daylight and LED lights. In this study, we characterized the indoor illuminance level according to the sky condition and proposed dimming control strategy of LED lights. Energy savings in On/Off control mode are 40% at clear sky and 28% at intermediate sky. In dimming control mode, energy savings are 77.2% at clear sky and 64.1% at intermediate sky. Then we obtain the appropriate dimming control strategy of LED lights based on data. Dimming rates are 0-14.2-80(min-avg-max, %) for LED 1, 0-19.9-60% for LED 2 and 30-61.4-90% for LED 3. Lighting energy savings are 68.2% for LED dimming system applied this control method.

키워드 : 자연채광, LED 조명, 디밍 컨트롤, 사무용 공간, 조명에너지 절약
Keywords : Daylighting, LED lights, Dimming control, Office building, Lighting energy saving

1. 서 론

1.1 연구배경

세계적으로 에너지·자원 고갈 위기가 심화되고 있는 가운데 화석연료에 대한 수입의존도가 높은 우리나라는 에너지의 97%를 수입하고 있다. 2008년 기준으로 1,415억 불의 금액을 에너지 수입에 사용하는 등 취약한 소비구조를 취하고 있어[1] 정부에서는 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 온실가스 감축 및 녹색기술개발 등의 정책을 필두로 한 녹색성장 국가전략을 수립하여 시행하고 있으며 그를 위한 연구도 활발한 진행 중에 있다[2].

사무용 건물은 근무자들이 일과시간의 대부분을 보내는 공간으로 쾌적한 작업환경을 조성하는 것이 중요하며 생산성과 직접적인 영향이 있는 시환경의 쾌적성 확보는 필수적이다. 쾌적한 시환경의 확보를 위해서는 일정 수준 이상의 실내 조도를 유지해야 하는데 발광효율이 우수한 주광을 이용하면 디밍제어를 통해 조명에너지 절감 효과를 얻을 수 있으며 이와 함께 고효율 조명인 LED를 이용한 실내조명에 큰 관심이 모아지고 있다. LED 조명은

기존 조명과 다르게 조명의 광량 조절이 자유롭고 색상 및 밝기 조절이 용이하며 무수은 사용 광원으로 친환경적이고 수명이 길다. 또한 무선통신 기술 및 전력선 통신 등 통신을 통한 원격 전력제어 및 모니터링이 가능하며 감성, 웰빙 조명, 에너지 관리 솔루션과 결합이 가능하다는 장점이 있다. LED 조명의 효율을 극대화하기 위해서는 디밍시스템을 적용하여 제어해야 하며 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 천공 상태와 공간에 따른 조도 특성을 분석하고 LED 조명의 적절한 제어 전략을 도출하기 위한 연구가 필요하다.

1.2 연구목적 및 범위

본 연구는 사무용 공간의 쾌적한 시환경 확보와 조명에너지 절감을 위한 LED 조명의 디밍 제어 방안을 제시하는데 그 목적이 있으며, 천공상태에 따른 외부조도 및 천장면조도, 실내 작업면 조도를 측정하여 주광을 최대한 활용할 수 있는 LED 조명의 디밍율(조명사용율, 점등율)을 산출하는 것을 범위로 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구의 방법

본 연구에서는 실험공간에 LED 평판조명을 설치하고 조도센서를 보정한 후 실측을 통하여

* 고려대학교 건축학과 석박사통합과정(poprin@korea.ac.kr)
** 고려대학교 건축학과 석박사통합과정(kapchun@korea.ac.kr)
*** 교신저자, 고려대학교 건축학과 교수(kskim@korea.ac.kr)

- 1) LED 조명을 0%로 디밍(On/Off 제어)할 때의 조도 특성을 분석하고
- 2) 주광을 활용하면서 LED 조명을 0%부터 100%까지 10%씩 10단계로 Step제어하여 실내 작업면조도를 500 lx로 유지할 때의 조도 특성을 분석하고 디밍율을 산출한다.

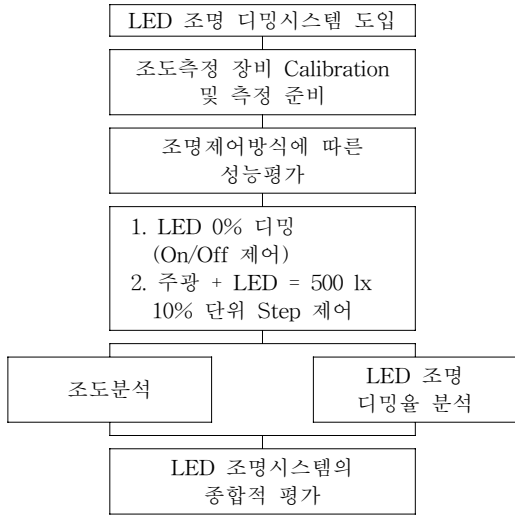


그림 1. 연구흐름도

2.2 이론적 고찰

Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)에서 추천하는 사무용 공간의 실내 조도 레벨은 500 lx 이다. 실제로 인공조명은 작업면이 500 lx의 조도를 유지할 수 있도록 설계되며 선진국에서도 일반적으로 500 lx를 기준조도로 채택하고 있다[3][4]. 따라서 본 논문에서는 사무용 공간의 실내 빛 환경을 평가하는 기준으로 작업면 조도 500 lx를 설정하여 결과를 분석한다.

3. 측정

3.1 측정 공간 개요

천공 상태에 따른 조도 특성을 측정 분석한 그림 2의 평가 공간은 K대학교 실험실로 이중외피 구조로 이루어

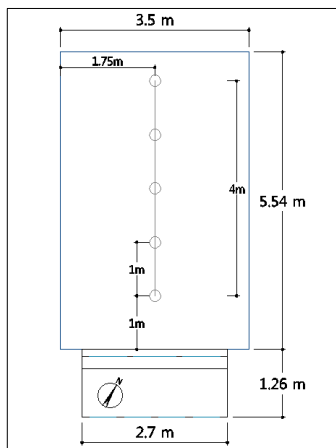


그림 2. 실험실 작업면 센서위치

져 있으며 정남향으로부터 30° 동향이다.

평가 공간은 이중외피 공간을 제외한 실내 부분으로 조도를 측정할 센서는 실의 양 벽면으로부터 1.75m 떨어진 중앙에 안쪽 창으로부터 1m 떨어진 지점부터 실 안쪽으로 1m 간격으로 5개의 센서를 바닥으로부터 75cm 높이에 1열로 배치하였고, 창 안쪽으로 1m 떨어진 지점의 천장에 1개의 센서를, 실험실 외부 옥상에 1개의 센서를 배치하여(표 2) 천장면 조도(그림 3)와 외부수평면조도를 동시에 측정하였다.

실험실 실내 표면 반사율 및 창호의 투과율은 표 1과 같다.

구분	반사율	구분	투과율
바닥	20 %	이중외피 바깥 유리	70.8 %
벽	50 %		
천장	70 %	이중외피 안 유리	77.5 %

조도 분석을 위해 실내외에 설치한 조도계 및 센서의 정보는 다음과 같다.

표 2. 측정 장비

실내 : T-A21, T-10M Head, Konica Minolta Sensing, INC



외부(옥상) : T-10W Head, Konica Minolta Sensing, INC

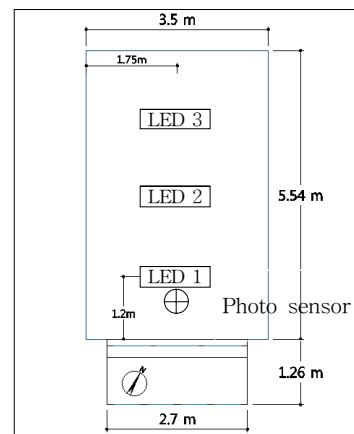
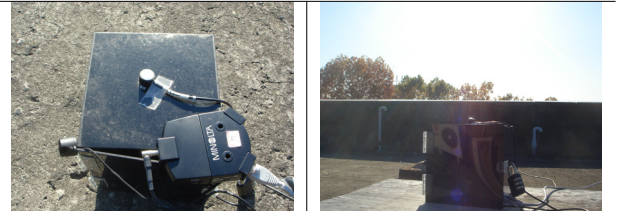


그림 3. LED조명 및 photo sensor 위치

본 연구에서는 형광등을 대체할 수 있는 차세대 광원으로서의 LED 조명의 효율성을 평가하기 위하여 기존 형광등조명을 LED 조명으로 교체하여 실내 작업면 조도 특성을 분석하고 디밍율을 산정하였다. LED 평판조명은 그림 3과 같이 배치하였으며 조명기기의 정보는 표 3과 같다.

표 3. 조명등의 제원

항목	소비전력 (W)	전광속 (lm)	발광효율 (lm/W)	색온도 (K)	연색성 (CRI)
LED조명	49	3,700	75이상	5,700	70이상

3.2 조도센서 Calibration

작업면이 적절한 조도 레벨을 유지하도록 하기 위해 천장에 부착된 LED 1 조명 포토센서에서 측정된 조도값(천장면조도)을 기준으로 디밍율을 조절하게 된다. 따라서 LED 1 조명 포토센서의 조도값을 모니터링 하여 측정된 조도값에 따라 작업면 조도 분포가 어떤 형태를 나타내는지를 규명할 필요가 있다. LED 1 조명 포토센서와 작업면조도 사이의 관계를 명확히 하기 위해 Calibration을 통하여 두 조도센서의 값의 출력정보를 통합하였고 측정을 통하여 얻은 결과는 그림 4와 같다.

그래프를 회귀 분석한 결과 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$IL_{WP} = 0.5443 IL_{ceiling} + 317.36$$

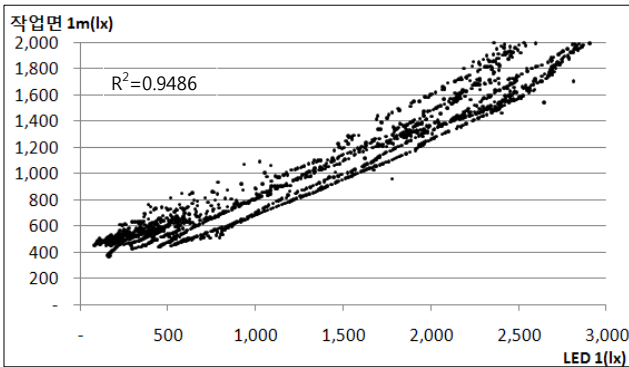


그림 4. 천장면조도에 따른 작업면조도 분포(LED on, 10/21-11/12)

식에서 IL_{WP} 는 작업면조도를 의미하고, $IL_{ceiling}$ 은 LED 1 조명에 부착된 센서에서 측정된 천장면 조도를 의미한다. 식에서 사용한 측정 Data 중 작업면 조도가 2,000 lx 이상인 경우는 직사일광이 센서에 직접 닿거나 그렇지 않더라도 실내로 유입되어 반사된 빛의 영향을 받는 경우이므로 제외하였다.

작업면 조도가 500 lx 이상으로 인공조명이 필요 없는 경우에는 LED 조명의 디밍율(조명사용율, 점등율)을 0%로 하고 그 이하에서는 LED 조명의 디밍율을 제어해서 켜는 것으로 하되, 디밍율은 실측을 바탕으로 4.4장에 기술하였다.

4. 결과 분석

4.1 측정기간 중 천공상태

실내조도에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 외부조도와 운량이며 측정기간 중 외부조도 및 운량을 그림 5와 같이 나타내었다.

최대 외부조도가 20,000 lx 이하일 경우 담천공, 20,000-60,000 lx일 경우 부분담천공(중간 천공), 60,000 lx 이상일 경우를 청천공으로 분류하였다[5].

측정 시간은 09시부터 17시까지이며 측정 기간(10/21-11/12) 중 청천공은 10/21, 22, 25, 28, 29, 11/1, 3, 9, 10, 12일로 총 10일이며 11/4, 5, 11일 총 3일은 부분담천공으로 분류할 수 있다.

4.2. LED조명 On/Off 제어

1) 청천공

측정기간 중 최대 외부조도가 60,000 lx 이상이 되어 청천공으로 분류되는 10일간 최대 외부조도의 평균은 73,930 lx, 평균 외부조도는 50,111 lx이다.

시각별 자연채광에 의한 작업면의 조도분포를 측정하여 조명에너지 절감율을 조사할 때 절감율이 가장 크게 나타난 10월 22일은 외부조도가 최대 77,100 lx인 청천공이며 작업면 조도분포를 분석한 결과는 그림 6과 같다.

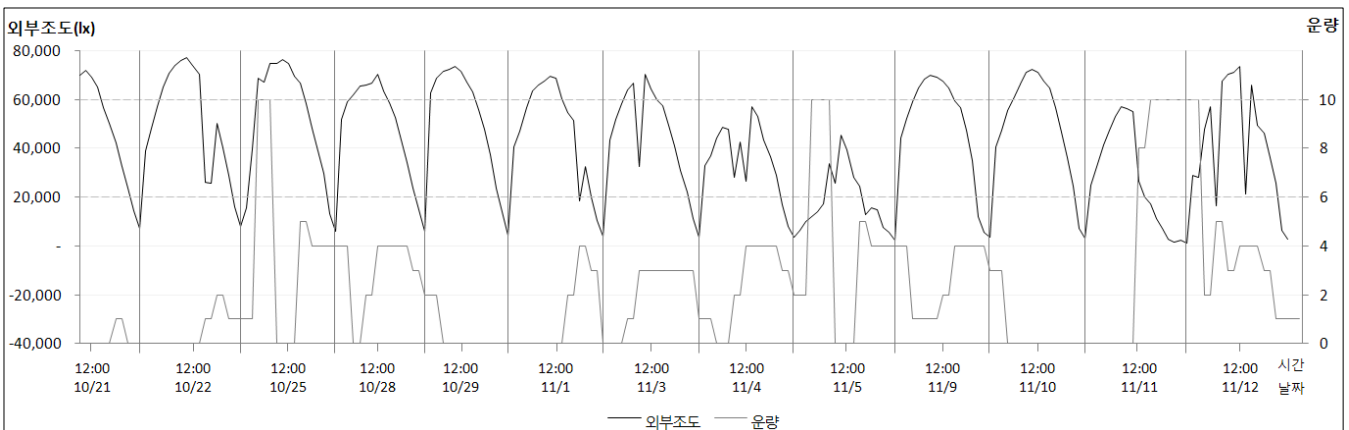


그림 5. 측정기간 중 외부조도(수평면) 및 운량(10/21-11/12)

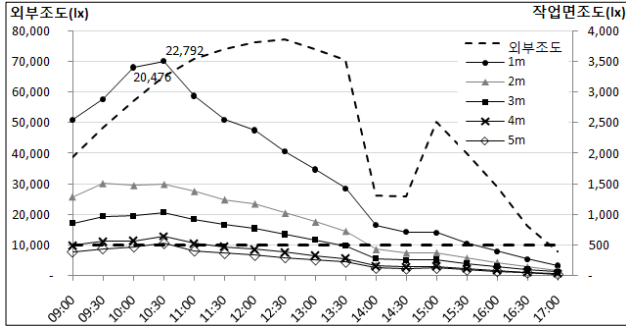


그림 6. 자연채광에 의한 작업면 조도(청천공, 10/22)

청천공에 속하는 10월 22일의 경우 창면으로부터 1m 떨어진 지점에서는 작업면조도가 500 lx 이상인 시간의 비율이 82%로 측정되어 주광의 활용률이 높고 실 내부로 갈수록 그 비율은 점점 낮아져 창면으로부터 5m 떨어진 지점에서는 작업면조도 500 lx 이상인 시간의 비율이 6%로 측정되었다. 5개 지점이 500 lx 이상이 되는 시간의 비율은 평균 45%로 조명에너지사용량의 45%를 절감할 수 있는 것으로 분석된다.

표 4. 자연채광에 의한 작업면 조도가 500lx 이상인 시간 비율(청천공)

구분	외부조도 최대(평균)	1m	2m	3m	4m	5m	계
10/21	72,700 (50,486)	0.77	0.62	0.46	0.08	0.00	0.38
10/22	77,100 (55,257)	0.82	0.59	0.53	0.24	0.06	0.45
10/25	78,100 (52,611)	0.70	0.55	0.40	0.10	0.00	0.35
10/28	71,100 (50,664)	0.75	0.60	0.45	0.00	0.00	0.36
10/29	74,600 (54,359)	0.75	0.55	0.35	0.05	0.00	0.34
11/1	70,300 (47,191)	0.80	0.60	0.50	0.15	0.05	0.42
11/3	75,600 (48,407)	0.80	0.60	0.40	0.00	0.00	0.36
11/9	70,700 (47,938)	0.75	0.60	0.50	0.20	0.10	0.43
11/10	73,200 (51,103)	0.75	0.63	0.56	0.13	0.06	0.43
11/12	75,900 (43,095)	0.82	0.59	0.53	0.41	0.24	0.52
평균	73,930 (50,111)	0.79	0.72	0.70	0.49	0.50	0.40

주광만으로 기준조도(500 lx)를 만족하는 경우 인공조명을 사용하지 않아도 되므로 측정기간 중 09시부터 17시까지 기준조도 이상이 되는 시간의 비율을 표 4에 나타내어 조명에너지 절감율을 판단할 수 있도록 하였다.

측정기간 전체에서 작업면 조도가 500 lx 이상 측정된 시간의 비율은 총 40%로 10일간 일과시간 중 평균 40%의 조명에너지를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

2) 부분담천공(중간천공)

측정기간 중 최대 외부조도가 20,000-60,000 lx로 부분

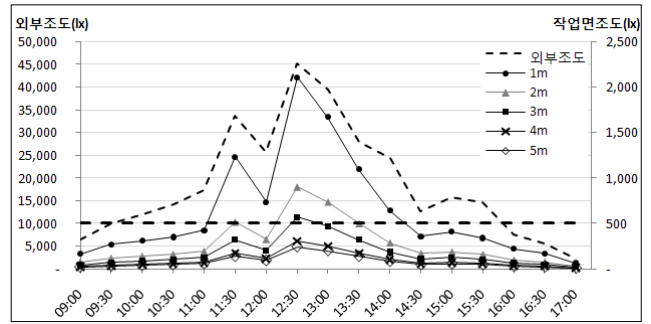


그림 7. 자연채광에 의한 작업면 조도(부분담천공, 11/5)

담천공으로 분류되는 3일간 최대 외부조도의 평균은 53,400 lx, 평균 외부조도는 27,778 lx이다.

시각별 자연채광에 의한 작업면의 조도분포를 측정한 3일 중 11월 5일은 외부조도가 최대 45,800 lx인 부분담천공이다. 작업면조도를 분석한 결과 일과시간 중 최대 외부조도가 측정된 오후 12시30분을 제외한 대부분의 시간에서 작업면조도가 500 lx 이하로 다소 낮게 측정되었다(그림 7).

전체 측정시간 중 주광만으로 기준조도(500 lx)를 만족하는 시간에는 인공조명을 사용하지 않아도 되므로 측정시간 중 기준조도 이상이 되는 시간의 비율을 표 5에 나타내어 부분담천공시 조명에너지 절감율을 판단할 수 있도록 하였다.

3일간 작업면 조도가 500 lx 이상 측정된 시간의 비율은 총 28%로 일과시간 중 평균 28%의 조명에너지를 절감할 수 있다.

표 5. 자연채광에 의한 작업면 조도가 500 k 이상인 시간 비율(부분담천공)

구분	외부조도 최대(평균)	1m	2m	3m	4m	5m	계
11/4	57,200 (36,630)	0.80	0.50	0.10	0.00	0.00	0.28
11/5	45,800 (19,725)	0.55	0.25	0.10	0.00	0.00	0.18
11/11	57,200 (26,979)	0.53	0.47	0.47	0.29	0.18	0.39
평균	53,400 (27,778)	0.63	0.41	0.22	0.10	0.06	0.28

4.3 LED 조명 디밍 제어(10% step dimming)

본 연구에서는 5개의 조도센서를 1m 간격으로 배치하고 1분 간격으로 작업면 조도를 측정하면서 500 lx 이하의 조도값이 감지되면 감지된 센서에서 가장 가까운 LED 조명을 10% 단위로 디밍(조명 점등)하는 수동제어 방식을 사용하였다.

디밍 제어에 따른 작업면 조도 분포는 그림 8과 같다. 주광조도로는 500 lx 이상을 유지하기 어려우며 LED조명 디밍 제어를 할 경우 LED 조명에 의한 조도와 주광조도를 더해 기준조도 이상을 유지할 수 있게 된다. 이렇게 제어할 때의 결과를 다음과 같이 청천공과 부분담천공으로 나누어 분석하였다.

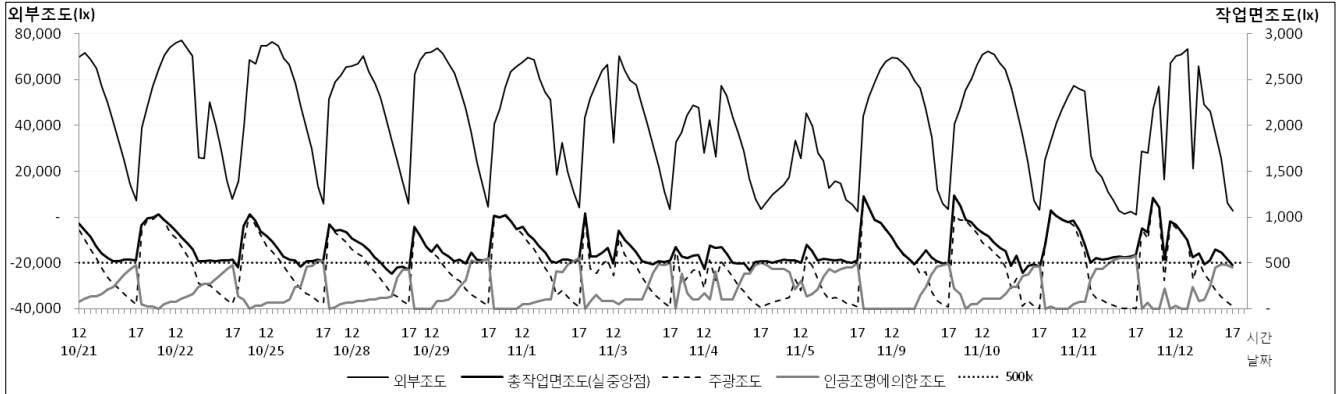


그림 8. 외부조도에 따른 작업면 조도(10/21~11/12)

1) 청천공

청천공인 10월 22일의 경우 시각별로 주광을 활용하면서 작업면 조도가 500 lx 이상이 되도록 10% 간격으로 디밍제어 했을 때의 측정 결과는 그림 9와 같다.

그림 9에 창면으로부터 1m부터 5m까지 전체적인 조도가 500 lx 이상이 되도록 1분 간격으로 측정하여 30분 간격으로 나타내었다. 창면으로부터 1m 위치에만 오전 10:00~11:00까지 직사일광이 유입되어 다소 높은 조도 레벨을 보이고 있으며 나머지는 500 lx 이상으로 적정 조도 레벨을 유지하고 있다.

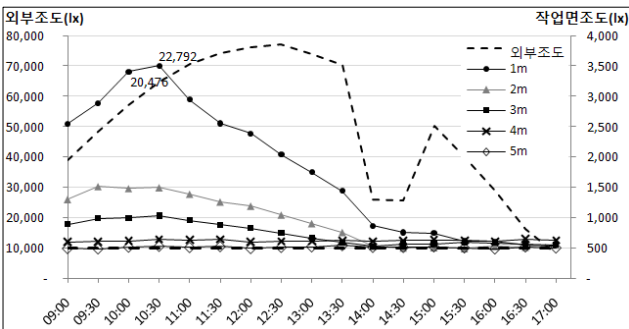


그림 9. 디밍에 의한 작업면 조도분포(청천공, 10/22)

10월 22일의 시각별 디밍율(조명사용율)은 그림 10과 같다.

청천공에 속하는 10월 22일의 경우에는 그림 10과 같이 오후 2시 이전에 LED 1, 2는 디밍율(점등율) 0%로 거의 사용하지 않다가 오후 2시부터 사용되고 있으며, 실의 가

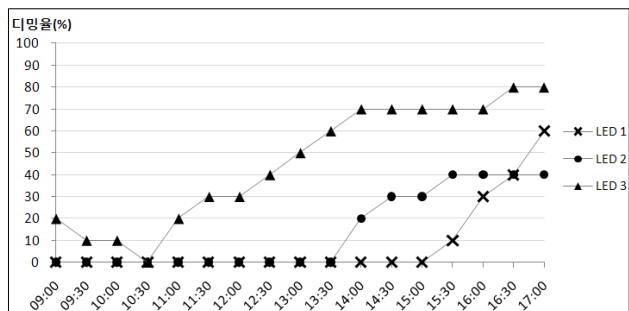


그림 10. LED 조명별 디밍율(청천공, 10/22)

장 내부에 위치한 LED 3은 디밍율이 최대 80%까지 높게 나타나고 있다. 10월 22일 LED 조명 전체의 평균 디밍율은 22.7%로 전체 조명에너지의 77.3%를 절약하는 효과를 얻을 수 있는 것으로 분석되었다(표 6).

측정기간 중 LED 조명별 디밍율을 측정하여 평균디밍율을 분석한 결과는 표 6과 같다.

표 6. LED 조명별 평균 디밍율(청천공, 09~17시)

구분	외부조도 최대(평균)	LED 1 디밍율	LED 2 디밍율	LED 3 디밍율	계
10/21	72,700 (50,486)	9.2	14.6	56.2	26.7
10/22	77,100 (55,257)	8.2	14.1	45.9	22.7
10/25	78,100 (52,611)	5.3	14.1	50.6	23.3
10/28	71,100 (50,664)	5.3	7.3	51.3	21.3
10/29	74,600 (54,359)	10.7	18.6	50.0	26.4
11/1	70,300 (47,191)	8.1	14.4	41.9	21.5
11/3	75,600 (48,407)	8.8	11.9	57.5	26.1
11/9	70,700 (47,938)	11.3	11.3	28.1	16.9
11/10	73,200 (51,103)	8.8	11.3	40.0	20.0
11/12	75,900 (43,095)	9.4	14.1	45.3	22.9
평균	73,930 (50,111)	7.83	12.2	42.7	22.8

청천공 10일간의 LED 조명 각각의 디밍율을 구해보면 LED 1의 디밍율 평균이 7.83%로 가장 낮는데, 그 이유는 창가 쪽에 위치하고 있어 주광을 가장 많이 활용할 수 있기 때문이다. 반대로 LED 3의 디밍율은 평균 42.7%로 다소 높게 나타났는데, 그 이유는 실 가장 내부에 위치하고 있기 때문에 주광의 활용률이 낮아 인공조명을 상대적으로 많이 사용하기 때문이다. 각각의 결과를 종합하면 LED 조명 전체의 디밍율은 22.8%로 전체 조명에너지사용량의 77.2%를 절감하는 것으로 분석된다.

2) 부분담천공(중간천공)

부분담천공인 11월 5일의 경우 시각별로 주광을 활용하면서 작업면 조도가 500 lx가 되게 10% 단위로 디밍 했을 때의 측정 결과는 그림 11과 같다.

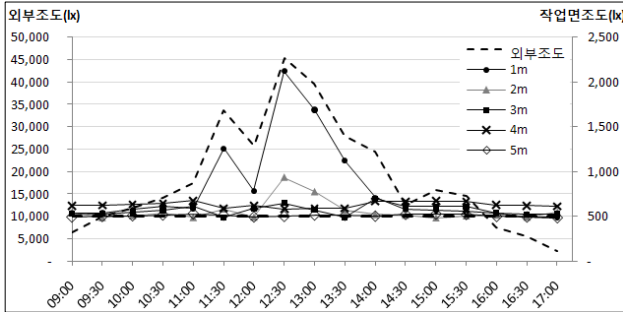


그림 11. 디밍에 의한 작업면 조도(부분담천공, 11/5)

그림 11에 창면으로부터 1m부터 5m까지 전체적인 조도가 500 lx 이상이 되도록 1분 간격으로 측정하여 30분 간격으로 나타내었다. 11월 5일의 경우에는 직사일광의 실내 유입이 없어 모든 부분이 적정 조도 레벨을 유지하고 있다.

11월 5일의 시각별 디밍율(조명사용율)은 그림 12와 같다.

그림 12와 같이 부분담천공에 속하는 11월 5일에는 청천공에 비해 거의 모든 시간대에 인공조명을 사용한다. 창가에 위치한 LED 1의 경우에도 태양 고도가 높은 11:30-14:00 시간에만 디밍율(점등율) 0%를 유지하며 실의 가장 내부에 위치한 LED 3은 디밍율이 전체적으로 50-80%로 높게 나타나고 있어 평균 디밍율이 45.5%(표 7)로 분석되었다.

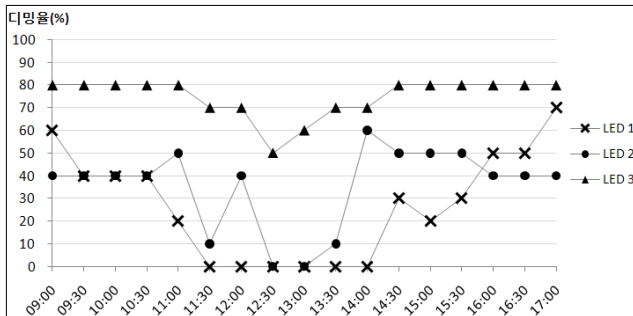


그림 12. LED 조명별 디밍율(부분담천공, 11/5)

측정기간 중 부분담천공에 속하는 3일간의 LED 조명별 디밍율을 측정하여 평균디밍율을 분석한 결과는 표 7과 같다.

표 7. LED 조명 평균 디밍율(부분담천공, 09-17시)

구분	외부조도 최대(평균)	LED1 디밍율	LED2 디밍율	LED3 디밍율	계
11/4	57,200 (36,630)	7.5	16.9	64.4	29.6
11/5	45,800 (19,725)	26.5	35.5	74.7	45.5
11/11	57,200 (26,979)	28.2	24.7	45.3	32.7
평균	53,400 (27,778)	20.7	25.7	61.5	35.9

부분담천공 3일간의 LED 조명별 디밍율을 분석하면 LED 1은 평균 20.7%, LED 2는 25.7%로 비슷하며 LED 3은 주광 활용률이 낮아 나머지 LED 조명에 비해 상대적으로 높은 디밍율(점등율)을 갖는다. LED 조명 전체의 디밍율은 35.9%로 전체 조명에너지사용량의 64.1%를 절감할 수 있는 것으로 분석된다.

4.4. LED 조명 디밍 제어 방안(10% step 제어)

작업면 조도를 기준조도(500 lx) 이상으로 유지하기 위해서 LED 1 조명의 조도센서에서 측정된 조도값(천장면 조도)을 기준으로 3개의 LED 평판조명을 0%부터 100%까지 10% 간격으로 디밍 제어할 경우 천장면 조도(LED 1 센서 조도)에 따라 조명 제어 단계를 10단계로 나눌 수 있으며 각 단계별 비율과 디밍율은 표 8과 같다.

표 8. 천장면 조도에 따른 단계별 비율과 디밍율(%)

단계	천장면 조도	비율 (%)	디밍율(%)		
			LED 1	LED 2	LED 3
1	2,840 lx 초과	6.3	0	0	30
2	2,240 lx - 2,840 lx	13.3	0	0	50
3	1,260 lx - 2,240 lx	26.6	0	0	60
4	1,020 lx - 1,260 lx	6.3	0	10	70
5	640 lx - 1,020 lx	12.0	0	50	70
6	520 lx - 640 lx	3.8	10	50	70
7	390 lx - 520 lx	5.1	30	50	70
8	290 lx - 390 lx	3.8	20	60	80
9	140 lx - 290 lx	16.5	70	40	90
10	0 lx - 140 lx	6.3	80	40	90
단계별 비율을 고려한 평균 디밍율(%)			14.2	19.9	61.4
조명 전체 평균 디밍율(%)			31.8		

청천공과 부분담천공시 천장면 조도에 작업면 조도를 500 lx 이상으로 유지할 때 천장면 조도에 따른 LED 1, 2, 3번 조명 각각의 디밍 제어 방안을 그림 13과 같이 나타내었다.

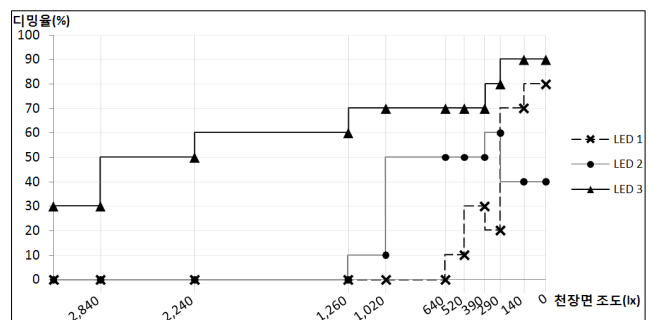


그림 13. 천장면 조도에 따른 조명별 디밍율

각각의 단계에서 조명별 디밍율은 천장면 조도 단계별로 측정된 디밍율을 분석하여 최대 디밍율을 적용해 제

어하는 방안을 제시하였다.

천장면 조도(LED1 조도)가 2,840 lx보다 클 때 LED 1, LED 2 조명의 디밍율(점등율)은 0%, LED 3 조명의 디밍율은 30%이다. 천장면 조도가 낮아짐에 따라 각 단계의 비율을 고려한 조명별 디밍율은 다음과 같다. LED 1 조명은 0-14.2-80(최소-평균-최대디밍율, %), LED 2 조명은 0-19.9-60%, LED 3 조명은 30-61.4-90%까지의 분포를 보인다. 이와 같은 제어 방법을 적용할 경우 단계별 비율을 고려한 평균 디밍율(조명사용율, 점등율)은 31.8%로 본 논문에서의 조건에서는 조명에너지를 68.2% 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결 론

본 열구결과를 종합하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

(1) 청천공 시 하루 일과시간 중 자연채광에 의해 작업면 조도가 500 lx 이상이 되어 기준조도를 확보하는 시간의 비율은 40%이다. 작업면 조도 500 lx를 기준으로 LED 조명을 On/Off 제어하는 경우 기준조도를 확보하는 40%의 시간에는 조명을 사용하지 않으므로 조명에너지의 40%를 절감할 수 있다.

(2) 청천공 시 LED조명을 10% 간격으로 디밍 제어했을 때 LED 조명의 평균 디밍율(조명사용율)은 22.8%로 전체 조명에너지의 77.2%를 절약할 수 있으며 On/Off 제어에 의한 절감율 40%에 비해 추가적으로 37.2%의 에너지를 더 절감할 수 있다.

(3) 부분담천공 시 하루 일과시간 중 500 lx 이상이 되어 기준조도를 확보하는 시간의 비율은 28%이다. 이때는 주광만으로도 실내 조도가 충분히 확보되어 추가적인 조명이 필요하지 않기 때문에 28%의 조명에너지를 절감할 수 있다.

(4) 부분담천공 시 LED 조명을 수동 제어했을 때 LED 조명의 평균 디밍율은 35.9%로 전체 조명에너지의 64.1%를 절약할 수 있으며 결론 (3)의 On/Off 제어에 의한 절감율 28%에 비해 추가적으로 36.1%의 에너지를 더 절감할 수 있다.

(5) LED 조명의 디밍 제어 방안은 다음과 같다.

천장면 조도에 따른 조명별 디밍율은 LED 1 조명은 0-14.2-80(최소-평균-최대디밍율, %), LED 2 조명은 0-19.9-60%, LED 3 조명은 30-61.4-90% 이며 청천공과 부분담천공시 이와 같은 제어 방법을 적용하여 조명을 제어할 경우 68.2%의 조명에너지를 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (20100007192)

참고문헌

1. 지식경제부 에너지자원실 에너지자원정책과, 2008. 09
2. 저탄소녹색성장기본법, 2010. 01
3. Zack Rogers, David Goldman, Daylighting Metric Development Using Daylight Autonomy Calculations in the Sensor Placement Optimization Tool, CHPS Daylighting Committee Daylighting Forum, Architectural Energy Corporation, 2006
4. Azza Nabil, John Mardaljevic, Useful Daylight Illuminances : A Replacement for Daylight Factors, Energy and Buildings, 2006
5. 김한성, 김강수, 소규모 사무공간에서 디밍제어를 이용한 조명에너지 절약에 관한 연구, 한국조명·전기설비학회논문집, 제17권 제5호, 2003
6. 김한성, 김강수 외, VDT 사무공간의 조명 및 디밍제어 성능 평가, 대한건축학회논문집, 제19권 제2호, 2003

투고(접수)일자: 2010년 11월 16일

심사일자: 2010년 11월 16일

게재확정일자: 2010년 12월 13일