

시뮬레이션 프로그램을 활용한 교실조도 분석 및 개선방안

(An Analysis of Classroom Illuminance with Simulation Program and Improvement of Classroom Illumination)

신현만* · 장우진**

(Hyun-Man Shin · Woojin Jang)

요 약

학교 조명상태를 조사하고 교실 1실에 설치된 조명기구의 수량별로 분류하고, 분류된 형태별로 조도를 측정하여 조도상태를 분석하였다. 책상면 조도는 학교시설기준을 만족하나 칠판용 국부조명을 설치하지 않은 경우 칠판조도가 학교시설기준에 미치지 못하였다. 교실 마감재 반사율 측정과 램프교체 및 램프청소 실험 등, 실제로 측정된 자료를 기초로 하여 시뮬레이션한 결과 현실적으로 전반조명 9등과 칠판용 국부조명이 필요하였으며, 유지관리를 고려한 설계가 요구됨을 알 수 있었다.

Abstract

The actual conditions of school illumination was investigated. The illumination state was classified by the number of installed luminaires per 1 classroom. The illuminance was measured and analyzed. The work surface illuminance was up to the standard, but the illuminance on blackboard was below standard when there was no local lighting. As a result of conducting a simulation based on the measurement of the reflection factors of the classroom finishing materials and lamp replacement and lamp cleaning, nine luminaires for general lighting and local lighting for the blackboard were required, and a design considering illumination maintenance was called for.

Key Words : Classroom Illuminance, Illumination Maintenance, Lighting Simulation

1. 서 론

선행된 연구보고서에 의하면 일반교실의 1실 면적 67.5[m²](9×7.5[m]) 기준으로 규정 이상의 조도를 확보하면서 에너지절약 및 경제적 조명을 실현

하기 위해 천장 전반조명으로 32[W]/2등용 기구 8개와 칠판 국부조명으로 32[W]/1등용 기구 2개를 설치하는 안이 제시되었으며(교실마감재의 반사율은

* 주저자 : 서울산업대학교 전기공학과 석사과정, 서울특별시교육청 교육시설관리사업소

** 교신저자 : 서울산업대학교 전기공학과 교수
Tel : 02-2178-9024, Fax : 02-2178-9029

E-mail : topopro21c@hanmail.net

접수일자 : 2009년 4월 14일

1차심사 : 2009년 4월 20일

심사완료 : 2009년 5월 13일

천장 70[%], 벽 50[%], 바닥 30[%], 광손실률은 램프 수명만을 고려하여 80[%]를 적용[1], 이에 따라 서울시 교육청에서는 조명기구를 예산여건에 따라 최소기준을 만족하는 수량 이상으로 설치하였으나, 개선된 학교 중에는 학교보건진흥원에서 실시하고 있는 교실환경조사에서 조도미달로 지적되는 사례가 있는 실정이다.

본 연구에서는 일반교실의 조도실태를 분석하기 위하여 인공조명의 사용빈도가 가장 높은 고등학교를 대상으로 수업이 이루어지는 일반교실의 조명기구 설치현황을 서면조사 후 현장 실사하여 조사된 자료를 기초로 교실 1실당 설치현황을 수량별로 분류하고 조명전력을 분석하였으며, 분류된 형태별로 조도를 샘플 측정하였다. 학교현장에 맞는 시뮬레이션을 위해 교실 마감재 반사율을 측정하고 광손실률을 구하기 위해 조명기구 청소, 램프교체 실험을 하여 이 자료를 기초로 시뮬레이션하고 실험자료와 시뮬레이션 결과를 고찰하여 현실적인 조명환경 개선 방향을 제시하기 위한 조사 분석 연구를 하였다.

2. 조명기구 설치 현황 및 조도측정

2.1. 조명기구 설치현황

2008년 7월 30일 기준 공립 고등학교 총 100개교의 일반교실 5,092실의 조명기구 현황을 조사한 결과 표 1(서울시교육청 2008년 국감자료)에 보인 것과 같이 천장전반조명만 설치한 학교가 32[%], 국부조명으로 칠판등을 설치한 학교가 68[%]이었으며,

표 1. 설치수량별 현황

Table 1. The state by an installation amount

배치 형태	조명기구수량	학교수	비율 [%]
A	천장전반조명용 8개, 칠판 국부조명	25	25
B	천장전반조명용 9개, 칠판 국부조명	40	40
C	천장전반조명용 9개, 또는 12개	32	32
D	천장전반조명용 12개, 칠판 국부조명	3	3
계		100	100

천장등은 9~12 등을 설치한 학교가 75[%]로 가장 많은 것으로 나타났다.

또한 조명기구를 사용경과 년수별로 보면 설치되어 10년 이상 사용한 학교가 26[%], 10년 미만인 학교가 74[%]로 나타났으며, 표 2와 같다.

표 2. 설치년도별 현황

Table 2. The state by installation year

번호	설치년도	학교수	교실수	비율[%]
1	1998년 이전	26	1,066	26
2	1999년 이후 2008년 현재	74	4,026	74
계		100	5,092	100

2.2. 조명전력 분석

일반교실(관리실 제외)에 설치된 조명부하는 전반조명용으로 49,725 등(92.6[%]), 국부조명용으로 7,919 등(7.4[%])이 설치되어 있다.

표 3. 기구별 소비전력

Table 3. The power consumption by luminaire

구분	1등당 소비전력[W]	설치수량	총조명부하 [kW]	소비전력 비율[%]
32[W]/1	32	7,919	253	7.4
32[W]/2	64	49,725	3,182	92.6
계		57,644	3,435	100

일반 교실의 단위면적당 조명전력은 9.99[W/m²] (표 4)으로 미국의 연방입법(EPACT) 기준 15.07[W/m²](ft²을 m²으로 환산 수치임), 일본의 에너지절감법 기준 20[W/m²] 보다 적은 것으로 나타났다[2].

표 4. 조명전력 현황

Table 4. The state of lighting power

총 교실수	총조명부하 [kW]	1실당 조명부하[W]	1실(7.5×9[m]) 면적[m ²]	조명부하밀도 [W/m ²]
5,092	3,435	674.59	67.5	9.99

시뮬레이션 프로그램을 활용한 교실조도 분석 및 개선방안

또한 조명전력 사용량과 전기요금을 검토한 결과 고등학교의 경우 연간 법정수업일수 205일, 1일 평균사용시간 8시간 총 1,640시간을 적용하면 총 100개 학교 5,092실에서 고등학생들의 수업을 위해서 연간 약 563만[kWh]의 전력량을 소비하고 있으며, 연간 약 6억3천6백만원의 전기요금을 부담하고 있다. 여기서 kWh 당 단가는 Y고의 1년간 전기요금(기본요금포함) 44,595,190원을 사용량 394,506[kWh]로 나누어 계산하였다.

표 5. 연간 조명전력량
Table 5. Illumination kWh amount for 1 year

총조명부하 [kW]	사용시간 [h]	총소비전력량 [kWh]	단가	전기요금 [원]
3,435	1,640	5,633,400	[kW]당 113원	636,574,200

2.3 조도측정방법

조도를 측정한 교실의 넓이는 9×7.5[m], 천장높이 2.7[m]인 전형적인 교실형태이며 작업면은 책상면 높이인 0.72[m], 측정시간은 주광의 영향을 배제하기 위해 일몰후인 야간(19시 이후)에 순수 인공조명 하에서 측정하였고, 조도계는 Lutron사 LX-1118(오차율 ±3[%])를 사용하였으며, 표 6과 같이 6개 학교를 샘플 측정하였다.

표 6. 현장조사 대상학교
Table 6. The target schools of investigation

학교명	측정목적	조명기구수량	개선년도
K고	설치수량별 조도분포	32[W]/2 8개, 32[W]/1 2개(반사갓 유)	2001
D고		32[W]/2 9개(반사갓 유)	1999
N고		32[W]/2 9개, 32[W]/1 3개(반사갓 유)	2003
Y여고	조도 및 세척	32[W]/2 12개(백색도장)	2000
C고	개선전후	32[W]/2 12개(반사갓 유)	2008
Y고		32[W]/2 12개(백색도장)	1996

조도의 판단기준은 학교시설기준인 평균조도 300[lx]를 최저기준으로 하고 균제도는 최저조도를 평균조도로 나눈 값으로 0.5 이상 우수, 0.3~0.5는 양호, 0.15~0.3은 보통, 0.15 이하는 불량으로 판단한다[3].

측정방법은 미국조명학회(IESNA)에서 개발한 표준조사방법을 이용하여 측정하고 계산하였으며 방법은 그림 1과 같다[4].

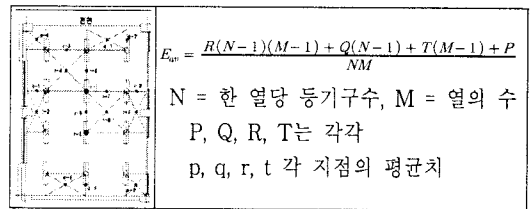


그림 1. 조도측정 방법
Fig. 1. Illuminance measurement method

2.4 조도측정결과

각 유형별로 교실 조도를 측정한 결과(표 7) 1996년에 개선한 Y고등학교의 경우 조명기구를 13년정도 사용하여 도장면도 상당히 노후된 상태였으며 평균조도가 279[lx]로 기준에 미치지 못하였고 기타 학교는 모두 학교시설 기준치인 300[lx]를 초과하는 것으로 나타났다.

표 7. 각 수량별 조도측정 결과
Table 7. The illuminance measurement results

학교명	조명기구수량	책상면조도				측관 조도 Eav [lx]
		E _{max} [lx]	E _{min} [lx]	E _{av} [lx]	균제도	
K고	32[W]/2 8개, 32[W]/1 2개	507	110	319	0.35	233
D고	32[W]/2 9개	564	191	362	0.53	172
N고	32[W]/2 9개, 32[W]/1 3개	532	242	398	0.61	319
Y여고	32[W]/2 12개	499	210	397	0.53	230
C고	32[W]/2 12개	838	417	689	0.61	405
Y고	32[W]/2 12개	360	172	279	0.62	166

칠판조도는 칠판용 국부조명 3등이 설치된 N고와 조명기구가 신포인 C고만이 300[lx]를 초과하는 것으로 나타났으며, 칠판용 국부조명이 없는 경우는 칠판조도가 부족한 것으로 조사되었다.

균제도(최소조도를 평균조도로 나눈값)는 모든 학교가 0.3 이상이였다.

또한 조도개선사업 초기에 보수한 Y고와 가장 최근에 보수한 C고의 조도를 비교한 결과(표 7) 평균조도가 약 2.5배의 차이가 있어 학교간 교실조도 불균형이 심한 상태로 Y고의 백색에나멜도장 조명기구와, C고의 93[%] 반사율의 반사갯이 적용 조명기구도 조도 차의 한 가지 요인으로 볼 수 있다.

3. 시뮬레이션 고찰

3.1 반사율 측정

칠판, 창, 출입문 등 경면성이 있는 면의 반사율의 측정엔 반사율측정기로 측정하는 것이 보다 정확한 결과를 얻을 수 있으나 장비수급에 어려움이 있어 그림 2와 같은 방법으로 측정하였다[5].

반사율 측정용 비교시료는 Kodak사 그레이카드(반사율 18[%])를, 조도계는 Lutron사 LX-1118를 사용하였으며, 측정시 측정자의 그림자나 옷의 반사광, 광원의 직사광이 조도계의 수광부에 입사하지 않도록 주의하여 측정하였다.

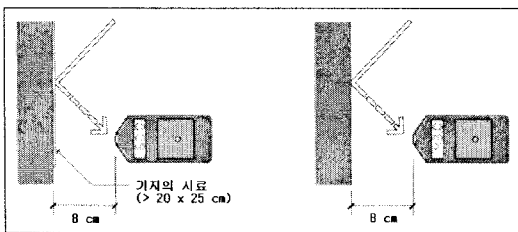


그림 2. 반사율 측정방법
Fig. 2. Reflector factor measurement method

먼저 반사율(ρ)을 알고 있는 시료의 반사광에 의한 조도(E_1)를 측정하고 다음으로 반사율(ρ)을 모르는 마감재의 반사광에 의한 조도(E_2)를 측정하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{반사율 } \rho = \frac{E_2}{E_1} \times \rho_c$$

교실에서 조명환경에 영향을 줄 수 있는 마감재의 반사율을 측정된 결과는 표 8과 같으며, 측정된 값을 시뮬레이션에 적용하였다.

표 8. 교실마감재 반사율(6)
Table 8. The reflection factors of the classroom finishing materials

구분	반사율비교	
	일반적인 반사율[%]	측정반사율[%]
칠판	15~20	15
게시판(게시물부착)	60~65	40
벽	60~80	45
창	8~10	80(투과율로 적용)
바닥	20~30	20
천장(텍스)	50~70	42
출입문	30~40	30
책상면	30~40	30

3.2 램프교체 및 조명기구 청소실험

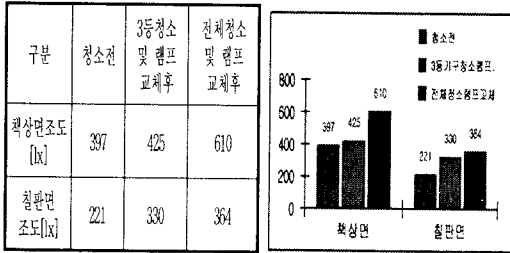
Y여고는 32[W] 2등용 매입형광등이 12등(3등 4열)만 설치된 학교로 책상면 조도는 397[lx] 칠판면 조도는 221[lx]로 칠판조도 개선을 위해 칠판 앞 1열 3등만 램프교체 및 반사갯 청소용역을 실시하였다. 3등 청소 및 램프 교체후 책상면조도 425[lx] 칠판면 조도 330[lx]로 칠판면 조도가 기준이상으로 밝아졌으며, 어느 한 교실을 샘플로 12등 모두 기구청소 및 램프를 교체한 후 측정된 결과 책상면 610[lx] 칠판면 364[lx]로 조도가 약 53.7[%] 이상 개선된 것으로 나타났다(표 9)

조명기구의 램프교체 및 기구청소는 광손실을 (Lighting Loss Factor, LLF) 요소 중 회복 가능한 요인인 램프광속의 감소 및 형광등 오손에 따른 효율감소 값을 구하기 위하여 실시하였으며[6], 이 결과를 시뮬레이션시 보수율(maintenance factor)값으

시뮬레이션 프로그램을 활용한 교실조도 분석 및 개선방안

로 적용(표 10)하였다. 조명기구를 청소하여 생산초기상태로 복구될 수는 없지만 8년 정도 사용하여 잔존기대수명이 있으므로 본 연구에서는 60[%]를 적용하였다.

표 9. 청소 램프교체 전후의 조도
Table 9. Illuminance before and after lamp replacement



39.8[%]가 개선된 것으로 나타났다. 조명기구의 성능향상으로 조명기구 자체가 고장나는 경우는 거의 없어 유지보수를 통하여 조명기구 수명기간 내에 항상 좋은 조도를 얻을 수 있음을 실험을 통하여 알 수 있었다.

물청소는 고착된 오염물질을 제거하는 데는 한계가 있고 청소용 약품과 도구를 사용하여 청소하는 것이 보다 효과적이며, 램프, 반사각의 청소보다는 램프를 교체하는 것이 효과가 크다는 것을 알 수 있었으며, 조명기구의 청소는 조명기구 반사각의 분해 조립 등은 안전사고의 위험이 있는 작업으로 전문용역업체를 통하여 시행하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

3.3 시뮬레이션 적용 방법

표 10. 적용보수율 산출
Table 10. Maintenance factor output

학교명	청소전(A)	기구청소 및 램프교체후(B)	보수율 ((A/B)×100)	적용 보수율
Y여고	397[lx]	610[lx]	65.08[%]	60[%]

일선 학교에서는 조명기구를 유지관리할만한 인력이 없어 고장난 램프만 교체하는 실정으로, 현실적으로 가능한 램프 청소 및 교체의 효과를 알아보기 위하여 사용경과 년수가 13년된 Y고등학교 어느 한 교실의 조명기구를 청소 전과 램프를 물수건으로 청소 후 그리고 램프교체 후의 조도변화를 측정하여 표 11과 같은 결과를 얻었다.

시뮬레이션에 적용한 조명기구는 현재 가장 많이 사용된 32[W] 2등용과 칠광등은 32[W] 1등용을 적용하였으며, 각 규격은 32[W] 1등용은 S사 2,303[lm] 기구효율 94.3[%](필름층착반사각 적용), 32[W] 2등용은 J사 4,266[lm] 기구효율 93[%](필름층착반사각 적용)이 사용되었다. 각각의 배광특성곡선은 그림 3과 같으며, 배광데이터는 조명기구 제작사에서 제공하는 자료는 객관성이 부족하여 한국조명기술연구소에서 ies화일을 제공받아 적용하였으며, 프로그램은 Relux Professional 2007을 사용하였다.

교실마감재의 반사율은 측정결과(표 8)를, 보수율은 청소실험결과(표 10)를 적용하였다.

표 11. Y고등학교 램프 청소, 교체 전후 조도비교
Table 11. Illuminance before and after lamp replacement and lamp cleaning

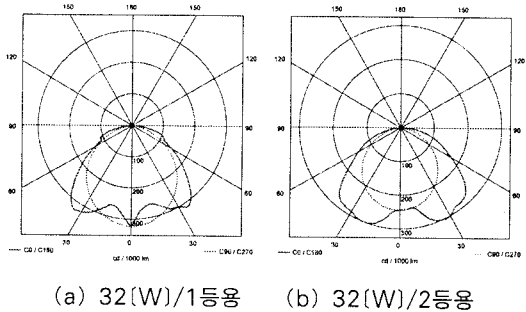
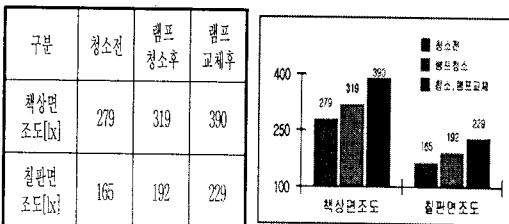


그림 3. 배광곡선
Fig. 3. Distribution curve of luminous intensity

램프 청소로 평균조도가 14.3[%], 램프 교체로

3.4 시뮬레이션 결과 고찰

설치수량 유형별 그리고 실제로 조도측정한 각 학교의 조명기구 수량에 맞게 시뮬레이션하였다.

3.4.1 설치수량 유형별 시뮬레이션

시뮬레이션은 32[W] 2등용을 전반조명 1등으로 하고 32[W] 1등용을 칠판 국부조명 1등으로 할 때, ㉠전반조명 8등 국부조명 2등, ㉡전반조명 9등 국부조명 2등, ㉢전반조명 12등, ㉣전반조명 12등과 국부조명 2등 각 4가지 경우에 대하여 그림 4와 같이 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 5, 표 12와 같았다.

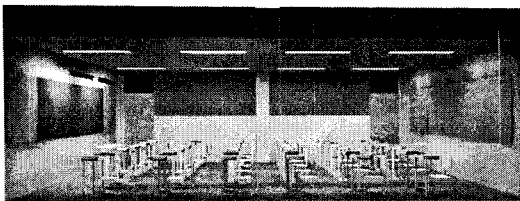
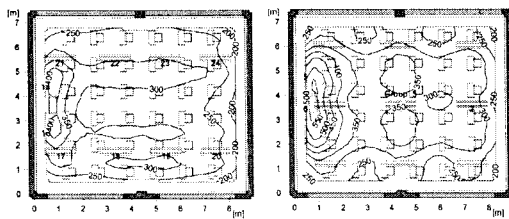
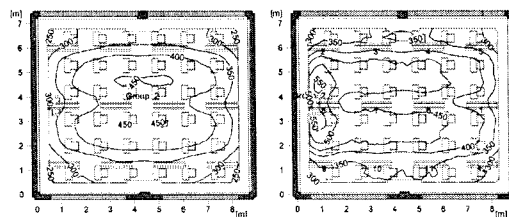


그림 4. 32[W]/2등용 8등 32[W]/1등용 2등 시뮬레이션

Fig. 4. The simulate result of 32(W)/2×8(EA), 32(W)/1×2(EA)



(a)32(W)/2 8개, 32(W)/1 2개 (b)32(W)/2 9개, 32(W)/1 2개



(c)32(W)/2 12개 (d)32(W)/2 12개, 32(W)/1 2개

그림 5. 등조도곡선

Fig. 5. Isolines in case of various conditions

보수율을 60[%]로 적용하여 시뮬레이션한 결과 최소 전반조명으로 32[W] 2 등용 9개, 칠판용 국부조명으로 32[W] 1등용은 2등을 설치하여야만 기준을상회하고, A, B, C, D 모두 균제도가 0.6 이상으로 양호한 것으로 나타났다.

당초 권장 설치방법이었던 A의 경우는 설계조도 계산시 반사율을 천장 70[%], 벽면 50[%], 바닥 30[%], 광손실율은 형광램프 수명을 고려하여 80[%]를 기준으로 계산된 방법이었으며, 학교현장 여건에 맞게 시뮬레이션한 결과는 기준조도 이하로 나타났다. 평상시 램프의 적기 교체 및 조명기구청소 등 유지관리를 적절히 시행하여 보수율을 10[%]만 개선하여 70[%]를 적용하여도 표 13와 같이 기준조도 확보에 문제가 없는 것으로 나타났다.

표 12. 보수율 60[%] 적용시 조도

Table 12. Illuminance in case of maintenance factor 60[%]

유형	조명기구수량	책상면				칠판면 Eav [lx]
		E _{max} [lx]	E _{min} [lx]	E _{av} [lx]	균제도 (E _{min} /E _{av})	
A	32[W]/2 8개, 32[W]/1 2개	416	190	287	0.66	391
B	32[W]/2 9개, 32[W]/1 2개	470	211	315	0.67	408
C	32[W]/2 12개	456	253	374	0.68	241
D	32[W]/2 12개, 32[W]/1 2개	566	270	409	0.66	476

표 13. 보수율 70[%] 적용시 조도

Table 13. Illuminance in case of maintenance factor 70[%]

유형	조명기구수량	책상면				칠판면 Eav [lx]
		E _{max} [lx]	E _{min} [lx]	E _{av} [lx]	균제도 (E _{min} /E _{av})	
A	32[W]/2 8개, 32[W]/1 2개	485	222	335	0.66	456
B	32[W]/2 9개, 32[W]/1 2개	548	247	368	0.67	476
C	32[W]/2 12개	526	296	437	0.68	281
D	32[W]/2 12개, 32[W]/1 2개	648	315	477	0.66	555

칠판용 국부조명이 설치되지 않은 32[W] 2등용

시뮬레이션 프로그램을 활용한 교실조도 분석 및 개선방안

12등만 설치된 경우 칠판조도가 기준치를 상회하기 위해서는 시뮬레이션하여 본 결과 표 14와 같이 보수율이 80[%] 이상이어야 함을 알 수 있었다.

현재 공립고등학교 32[%]가 이 경우에 해당되어 칠판면 조도를 기준조도 이상으로 유지하기 위해서는 반드시 적절한 유지관리가 이루어져야 함을 알 수 있었다.

실제 D의 경우인 3개 학교는 당초 전반조명 12등만 설치되었으나 칠판조도부족으로 칠판조도를 보강하기 위해 학교 자체적으로 32[W] 1등용 2등을 설치하였다고 조사되었는데 이들 학교 역시 유지관리가 제대로 이루어지지 않은 상태에서 조명기구만 추가로 설치한 경우이다.

표 14. 보수율 변화에 따른 조도변화
Table 14. Illuminance change along a maintenance factor change

조명기구 수량	보수율	책 상 면				칠판면 Eav [lx]
		E _{max} [lx]	E _{min} [lx]	E _{av} [lx]	균제도 (E _{min} /E _{av})	
32[W] 2등용 12등 설치	0.60	451	253	374	0.68	241
	0.65	488	274	405	0.68	261
	0.70	526	296	437	0.68	281
	0.75	563	317	468	0.68	301
	0.80	601	338	499	0.68	321

3.4.2 실측한 결과를 전제로 한 시뮬레이션

각 학교에 대하여 측정조사한 교실 평균조도를 기준하여 유사한 결과를 얻기 위해 보수율을 조정하여 동일 수량의 조명기구를 적용한 시뮬레이션을 실행하였다. 결과를 표 15에 나타내었다.

시뮬레이션한 결과 칠판면 조도값이 많은 차이를 나타낸 곳이 있다. 이 결과는 현장에 설치된 조명기구의 효율과 시뮬레이션에 적용한 조명기구의 효율 차이도 있으며, 또한 유지관리가 적절히 이루어지지 않은 결과로 분석된다.

표 15. 실제측정 조도의 보수율

Table 15. Maintenance factor of actual measured illuminance

학교명	조명기구수량	책상면조도[lx]		칠판면조도[lx]		적용 보수율
		측정	시뮬 레이션	측정	시뮬 레이션	
K고	32[W]/2 8개, 32[W]/1 2개	319	314	233	433	0.65
D고	32[W]/2 9개	362	370	172	228	0.75
N고	32[W]/2 9개, 32[W]/1 3개	398	395	319	626	0.73
Y여고	32[W]/2 12개	397	403	230	256	0.62
C고	32[W]/2 12개	689	649	405	414	1.0
Y고	32[W]/2 12개	279	281	166	181	0.45

4. 조명환경 개선방안

4.1 유지관리 개선방안

앞선 램프교체 및 조명기구 청소실험에서도 알 수 있듯이 조명기구청소 및 램프교체만으로도 훨씬 밝아진다는 것을 누구나 알고 있으나, 일선학교에서 조명기구를 청소하는 경우는 없을 정도로 조명기구의 유지관리가 이루어지지 않고 있다.

4.1.1 문제점

(1) 인식부족 : 현장 실측과 시뮬레이션 결과에서 조명기구 청소 및 램프의 적기 교체로 개선효과가 있다는 것을 알고 있으나 조명기구가 고장나야 교체 및 보수를 하여야 한다고 판단할 정도로 인식이 부족하여 유지관리가 이루어지지 않고 있다.

(2) 인력부족 : 일선 학교에서는 형광램프가 점등되지 않을 때까지 램프를 사용하며, 램프가 고장나 점등되지 않는 경우에만 관리자가 램프를 교체하는 정도이다. 이는 인력부족이 가장 큰 요인 중의 하나이다.

(3) 청소의 어려움 : 청소실험에서 물청소나 전문인력을 통한 용역시행에서 나타난 문제점은 작업높이나, 램프교체시 와 청소를 위한 반사각의 분해, 조립시 감전의 위험 등 안전사고의 우려가 있어 교육

을 받지 않은 학교의 일반 관리자가 작업하는 데는 어려움이 있다.

4.1.2 유지관리 개선방안

(1) 교육프로그램 개발 : 램프의 적기교환, 램프 및 반사갓의 청소로 조명기구 수명기간내 항시 좋은 조명환경을 유지할 수 있다는 것을 교육을 통하여 인식을 전환시켜야 하며, 일반관리자가 램프를 안전하게 교체 및 청소를 할 수 있도록 전기상식에 대한 교육을 실시할 필요가 있다.

(2) 유지관리용역의 확대실시 : 현재 시범적으로 실시되고 있는 학교시설유지관리용역 수행 내용에 조명기구의 유지관리에 대한 내용이 누락되지 않도록 하고, 유지관리용역을 확대 시행하여 일선학교의 관리인력부족을 해결할 수 있다.

(3) 기존 형광등 유지관리 철저
이미 시설된 형광등의 경우 램프 교체 및 기구청소 등 유지관리를 적기에 시행하여 기준조건을 유지하여야 한다. 특히 칠판용 국부조명이 없는 학교에서는 램프만이라도 적기에 교체하여야 한다.

4.2 조명환경 개선방안

일반교실의 좋은 조명환경은 조명기구 설치시 규제도가 양호하고 적당한 밝음을 조성할 수 있는 배치이어야 하며, 설치 후에도 주기적인 조명기구, 램프청소 및 램프 교체 등 적절한 유지관리가 이루어져야 조명기구가 수명을 다할 때까지 효율적이고 경제적인 조명을 할 수 있다.

4.2.1 조명환경 개선방안

(1) 칠판조도의 확보

현장실측과 시뮬레이션에서도 나타났듯이 칠판용 국부조명이 설치되지 않은 교실은 칠판조도가 기준 조도에 미달되어 칠판용 국부조명으로 32[W]/1 등용 기구 2개를 추가로 설치하거나, 램프교체 및 청소를 통하여 칠판조도를 확보하여야 한다.

(2) 28[W] 형광등 적용

에너지 절약을 위해서는 노후 조명기구 교체시에는 32[W]를 T5 28[W] 또는 에너지절약형 신광원으로 교체하는 것도 검토되어야 한다.

(3) 램프교체 및 청소의 주기적 실시

보통 형광램프의 수명은 초기광속의 80[%]로 감소될때를 말하며, 보통의 실에서 약 3.5년이면 먼지에 의한 오손으로 광속이 80[%] 정도로 감소된대[7]. 또한 형광램프는 광속이 80[%]로 감소되었다고 해도 바로 소등되는 것이 아니고 광속이 저하된 상태로 상당히 오랜 시간 지속된다. 따라서 원하는 광속을 얻을 수도 없는 상태에서 같은 전력을 소비하게 되므로 에너지를 낭비하게 되며, 조명환경도 열악하게 되고 학생 및 교직원의 시력보건에도 악영향을 미치는 등 경제적 손실이 크다.

따라서 조명기구, 램프세척 및 램프 교체를 주기적으로 실시하여 조명기구의 수명을 연장시키고 교체시까지 양호한 조명환경을 제공하고 학생의 보건 향상 및 학습능률을 향상시킬 수 있다.

(4) 조명기구의 수량

학교시설 조도기준인 300[lx]와 균제도 및 칠판조도를 확보하기 위해서는 최소 전반조명으로 32[W]/2 등용 기구 8개와 칠판국부조명으로 32[W]/1 등용 기구 2개를 설치하여도 되나, 현장 실측 및 시뮬레이션 결과 유지관리가 이루어지지 않는 경우 기준조도 확보에 어려움이 있어 전반조명으로 32[W]/2 등용 기구 9개와 칠판국부조명으로 32[W]/1 등용 기구 2개를 설치하는 것이 현실적인 것으로 나타났다.

현재 형광등기구의 크기는 보통 310×1,280[mm]로 형광등 취부공간인 천장마감재인 텍스 2장의 크기인 300×1,200[mm]와 맞지 않으므로 28[W] 형광등 조명기구는 텍스규격과 조화될 수 있도록 300×1,200[mm]내에서 설치가 가능한 규격으로 램프 및 기구가 제작되어 시공시 천장재를 파손하지 않고 설치하여 시공품질을 향상시킬 수 있어야 하겠다.

4.2.2 28[W] 형광등 적용 시뮬레이션

교실형광등을 28[W]로 교체시의 조명환경을 시뮬레이션하였다. 형광등기구 28[W] 2등용은 T사 4,536[lm], 기구효율 94.1[%](아노다이징 반사갓 적용) 배광데이터를 적용하였고, 칠판등은 28[W] 1등

시뮬레이션 프로그램을 활용한 교실조도 분석 및 개선방안

용 배광데이터를 구할 수 없어 S사의 32[W] 1등용 2,303[lm], 기구효율 94.3%(필름증착반사각 적용)의 등기구를 사용하였고, 반사율은 현장실험값인 보수율 60[%]와 유지관리를 고려한 보수율 70[%]를 적용하였다.

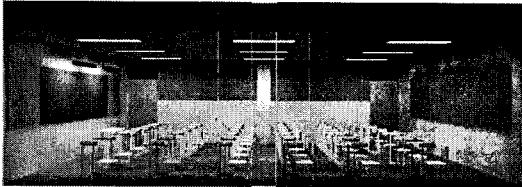
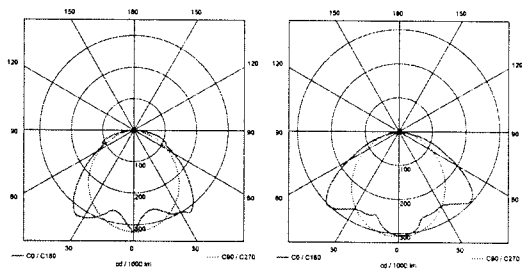


그림 6. 28(W)/2등용 9 등, 32(W)/1등용 2 등 시뮬레이션
Fig. 6. The simulate result of 28(W)/2×9(EA), 32(W)/1×2(EA)



(a) 32(W)/1 배광곡선 (b) 28(W)/2 배광곡선

그림 7. 배광곡선
Fig. 7. Distribution curve of luminous intensity

시뮬레이션 결과는 그림 8과 표 16에 나타내었다.

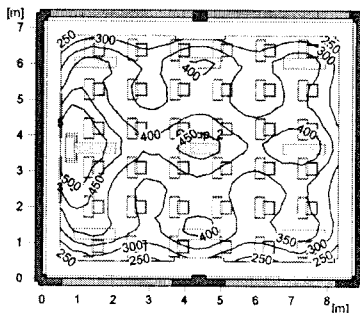


그림 8. 등조도곡선
Fig. 8. Isolines of 28(W)/2×9(EA), 32(W)/1×2(EA)

표 16. 형광등 28(W)/2등용 적용시 예상조도
Table 16. Expected illuminance in case of 28(W)/2 fluorescent lamp application

조명기구수량	보수율	책상면조도		칠판면조도	
		Eav [lx]	균제도	Eav [lx]	균제도
전반조명 28[W]/2 9개	0.6	319	0.65	409	0.51
국부조명 32[W]/1 2개	0.7	372	0.64	477	0.51

보수율 0.7 적용시 평균조도는 372[lx], 칠판면 조도는 478[lx]로 기준조도를 훨씬 상회하여, 적절한 유지관리가 이루어지면 훨씬 더 좋은 조명환경을 유지할 수 있다.

5. 결 론

조도개선사업이 완료된 서울시교육청 관내 고등학교의 조도개선현황 조사 및 실제로 측정하여 조명환경 실태를 알아보았다. 현장조사와 시뮬레이션을 통하여 개선이 완료된 학교에서도 기준조도에 미치지 못하는 학교가 있었으며, 학교보건진흥원 정기검사에서 조도미달로 지적되는 사례가 있었다.

이 논문에서는 조도개선시 조명기구의 수량 및 배치도 중요하지만 시설 후 유지관리를 통하여 항상 기준조도 이상의 좋은 조명환경을 조성할 수 있는 것으로 분석되었으며, 학교시설기준을 충족하면서 조명기구 수명내에 항상 좋은 조명환경을 유지하기 위하여 다음과 같은 방안을 제시하였다.

첫째, 칠판용 국부조명이 시설되지 않은 교실은 칠판조도가 부족하므로 칠판조도 확보를 위해 국부조명 추가 설치 및 램프교체, 기구청소 등 유지관리가 필요하며,

둘째, 에너지 절약을 위해서는 노후 조명기구 교체시에는 32[W]를 T5 28[W] 또는 곧 상용화될 LED 조명기구로 교체하는 것도 검토되어야 하고,

셋째, 램프교체 및 조명기구 청소를 주기적으로 실시함으로써 학생 및 교사에게 항상 기준조도를 상회하는 좋은 조명환경을 제공할 수 있고, 유지관리를 통한 조명기구의 사용년한을 연장시킴으로써 자원절약이 가능하며,

넷째, 조도개선 사업시 기준조도 유지를 위해 천장 전반조명으로 9등과 칠판용 국부조명으로 2등을 설치하는 것이 현실적이며, 설계시 유지관리를 고려한 설계를 통하여 경제적 조명설계가 이루어져야 하겠다.

차후 조도개선사업 완료 학교와 청소실험을 한 학교의 조도변화를 측정하여 학교조명시설 보수율 연구 자료 및 조명기구 추가와 유지관리비용에 대한 경제성을 비교 검토하여 연구결과를 제시하고자 한다.

References

- [1] 에너지관리공단, 학교건물의 에너지 관련시설 최적화 방안연구, 산업자원부, 1996.
- [2] 김훈, “조명전력허용기준”, 월간전기, pp.43~46, 2008년 3월호.
- [3] 김현지, “실내공간에서의 인공조명 균제도 산출방법에 대한 일고찰”, 조명전기설비학회논문지 Vol.13, No.2, pp. 7~11, May 1999.
- [4] LIGHTING HANDBOOK 8th.ed. pp.60~62, IESNA.
- [5] 장우진의 5인, 최신조명환경원론, pp.206~207, 문운당, 2008.
- [6] 장우진의 5인, 최신조명환경원론, p.338, 문운당, 2008.
- [7] 한국조명설비학회, 조명설계 표준화에 관한연구, 통상산업부, 1996.
- [8] 한국표준협회, KS 조도기준(KS A 3011- 2008).

◆ 저자소개 ◆

신현만 (申鉉萬)

1963년 3월 20일생. 1993년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 현재 서울산업대학교 전기공학과 석사과정. 서울특별시교육청 교육시설관리사업소 근무중.

장우진 (張禹鎭)

1956년 5월 13일생. 1979년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1981년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 서울산업대학교 전기공학과 교수. 본 학회 부회장.