

## 조명기구의 배치에 따른 교실의 조도와 에너지 절약

김이두, 오세영, 박희두\*, 신종열\*\*, 이수원\*\*\*, 홍진웅  
 광운대학교 전기공학과, 삼척대학교\*, 삼육의명대학 자동차과\*\*, 한국철도대학 전기제어과\*\*\*

### A Energy Saving and Illuminance of a Classroom due to the arrangement of luminaires

Lee-Doo Kim, Se-Young Oh, Hee-Doo Park\*, Jong-Yeol Shin\*\*, Soo-Won Lee\*\*\*, Jin-Woong Hong

Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon Univ.  
 \*Samchok National University

\*\*Dept. of Automobile, Sahmyook College.

\*\*\*Dept. of Electrical Control, Korea Nat'l Railroad College.

**Abstract** - Among educational environment, lighting's role is getting more important since it improves the visual tasks, capability of work, and it help to build both balanced mind and body. Also, since students spend most of their time inside rather than outside, students need appropriate illuminance everyday.

If optimum illuminance, the color rendering properties and controlled distribution of lighting is given, people can decrease the fatigue of eyes, recover their health, and also, people can maximize their efficiency of work. In this paper, their is a comparison between the real illuminance and illuminance distribution due to the uniformity ratio of 2 or 3 dimensions by simulation.

## 1. 서 론

교육환경 개선을 위한 학교조명은 교실에서 생활하는 학생들의 시각작업과 근시예방, 학습효과의 향상 및 심신형성 등에 매우 중요한 역할을 차지한다.

학교조명은 초등학교에서 중·고등학교로 진학하면서 실내에서 생활하는 시간이 많아지고, 수준높은 공부를 하게 되며, 근래에는 정규 수업시간의 야간에도 학교를 개방하므로 더욱더 쾌적한 실내분위에서 학습능률을 향상시키고 활동의 불편을 줄이기 위해서는 일정 수준 이상의 조도가 필요하다.<sup>(1),(2)</sup>

교실에서 요구되는 적정조도와 균제도, 경제적 등기구 수 및 배치, 전기 소비량 등을 분석하고 조명시설에 따른 소비전력을 최소화하여 에너지 절약과 교육환경 개선의 고효율화를 이룸으로써 학교 교실의 조명을 개선할 수 있다.<sup>(3)-(5)</sup> 최근에는 교실의 등기구를 실제로 설치하지 않고 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 방법으로 조도를 계산하므로 경제성을 향상시키고, 계산의 오차도 크게 줄이는 방법 등이 제시되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 교실의 실측조도와 조도계산법 중 입자추적법을 이용한 시뮬레이션 방법으로 2, 3차원의 조도 분포와 균제도 결과를 비교 검토하였다.

또한 교육환경의 조도향상과 에너지 절약을 위해 시뮬레이션을 시행한 결과 자료를 이용하여 최적의 조건을 제시하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 실험방법

학교시설의 교육환경에서 가장 중요한 교실의 조도를 측정하기 위하여 크기가 9 [m] × 7.2 [m]이고 천장의 높이 2.6 [m], 책상 높이 70[cm]로 하여 수직배열과 수평배열에 따른 조도분포를 시뮬레이션 방법을 이용하여 측정하였다.

### 2.2 조도측정

루바 파라보릭 고조도 조명기구의 수직배열에 따른 조도분포를 그림 1에 나타내었다.

조도의 평균값은 수직·수평배열에 무관하고 비슷하지만, 상하좌우 코너의 최소값은 17[%] 적어진 90[lx]이고, 최대값은 778.23[lx]로 크기는 10[%] 정도 커짐을 확인할 수 있다.

여기서 조도분포의 변화폭이 매우 커지므로 균제도비도  $U_1=0.21$   $U_2=0.15$ 로 작아짐을 확인하였다. 이것은 선광원 조도 계산법에서 기구로부터 피조면까지의 코너 방향의 거리가 수직배열보다 수평배열이 길어졌기 때문이다.

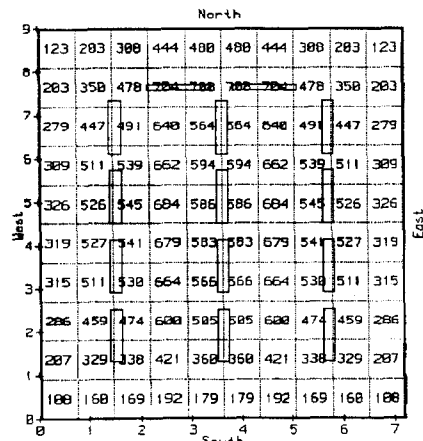


그림 1. 루바 파라보릭 고조도 조명기구의 조도분포 (수직배열)

반면에, 그림 2는 루바 파라보릭 고조도 조명기구의 수평배열에 따른 조도분포를 보여준다.

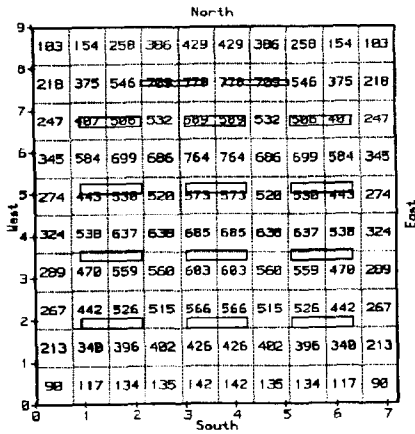


그림 2. 루바 파라보릭 고조도 조명기구의 조도분포 (수평배열)

그림 3은 매입개방형 고조도 반사기구를 수직으로 배열하여 조도분포를 쉽게 파악하기위해서 등고선법을 이용하여 도시한 것으로 교실전체가 기준조도 범위에 포함됨을 알 수 있다.

이러한 조도분포로부터 평균조도는 639.83(lx)로 루바방식보다 47(%) 향상됨을 확인하였고, 균계도비  $U_1 = 0.42$   $U_2 = 0.29$ 로 조도의 최대·최소 편차가 매우 큰 것을 확인 할 수 있으며, 실제 조도와 거의 비슷함을 확인하였다.

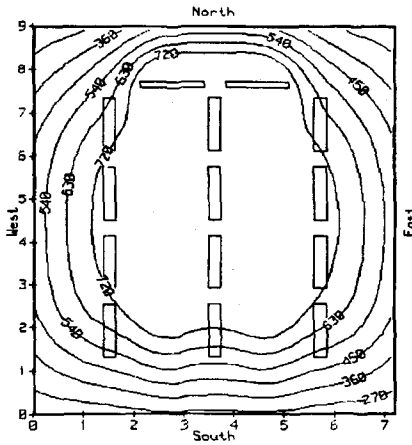


그림 3. 매입개방형 고조도 조명기구에 대한 등고선법의 조도분포(수직배열)

그림 4는 매입개방형 고조도 반사기구를 수평으로 배열하여 조도분포를 등고선으로 도시했는데 수직배열과 거의 일치하나 중앙부 고조도 부분이 약간 증가하고 등기구의 수평배치가 간격을 줄여주므로 동서방향의 조도분포가 많이 개선됨을 알 수 있었다.

그림 5는 매입개방형 기구의 조도분포를 나타낸 그림으로 반사율이 83(%)인 소부도장 반사판을 사용하고 수직배치한 등기구의 시뮬레이션한 조도분포 결과로부터 평균조도는 반사율의 감소로 약간 감소하며, 최소 조도의 크기는 비슷하지만, 최대조도는 크게 작아지므로 균계도는 약간 상승한 것을 확인하였다.

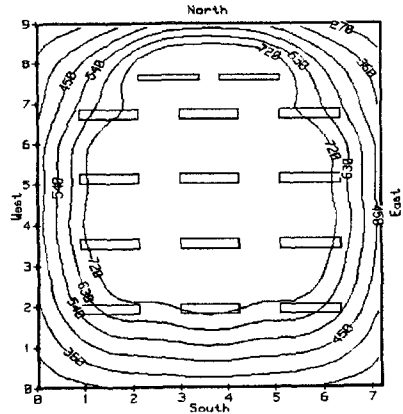


그림 4. 매입개방형 고조도 조명기구에 대한 등고선법의 조도분포(수평배열)

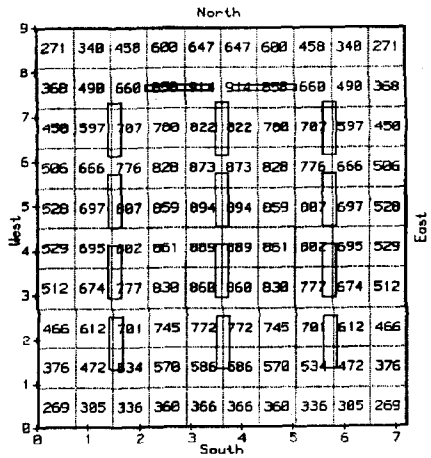


그림 5. 매입개방형 조명기구의 조도분포

그림 6은 매입개방형 조명기구를 수직배열하여 2차원 모자이크 방식으로 도시한 그림으로 교실내에서는 법정 조도 이상이 됨을 알 수 있고, 조명율은 69(%)를 얻었다.

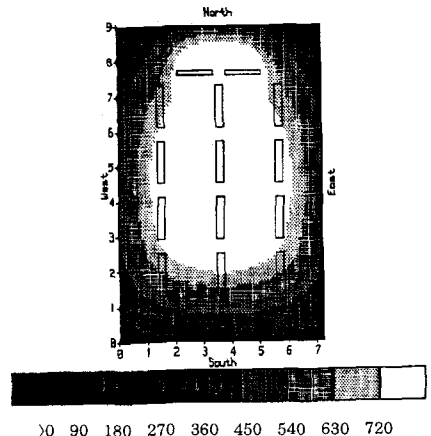


그림 6. 매입개방형 조명기구에 대한 모자이크법의 조도분포

그림 7은 시뮬레이션한 조도분포를 3차원으로 도시하였다.

그림에서 볼수있듯이 교실의 뒤쪽의 조도는 약간 감소하지만 조도분포가 매우 향상됨을 확인할수 있다. 이것은 반사판의 영향으로 사료된다.

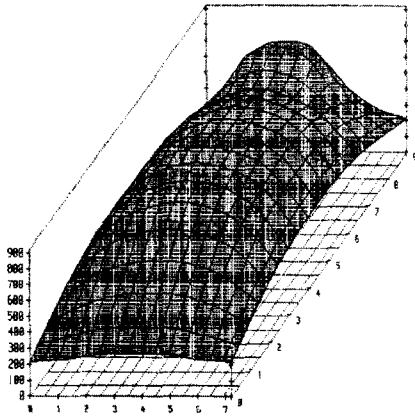


그림 7. 매입개방형 조명기구에 대한 3차원법의 조도분포

교실 9 [m] × 7.2 [m], 천장 2.6 [m], 책상 높이 70[cm]인 교실에 직부 raceway 방식을 이용하여 FL 32W/1를 4열 5개씩 배치하여 조도분포를 나타낸 것이 그림 8이다.

		North											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
East	9	219	247	318	405	435	435	405	318	248	221		
	8	258	279	345	422	445	450	423	347	282	254		
	7	308	342	392	415	451	461	417	395	345	306		
	6	333	375	412	427	445	446	438	415	382	341		
	5	351	398	433	452	464	464	454	437	404	368		
	4	357	404	448	461	472	472	463	443	418	366	West	
	3	357	403	439	461	471	472	463	443	418	366		
	2	351	397	431	452	462	462	454	435	403	368		
	1	333	374	404	423	432	432	425	408	379	341		
0	297	327	351	365	371	372	356	353	332	303	South		

그림 8. 직부 raceway 조명기구의 조도분포

교실 전체의 평균조도는 390[lx]이고 최소조도는 209[lx]로  $x=0.26[m]$ ,  $y=8.75[m]$ 인 점이고, 최대 조도는  $x=3.34[m]$ ,  $y=8.25[m]$ 에서 505[lx]를 규제도  $U_1$ 은 0.54를 얻었고 규제도  $U_2$ 는 0.41를 시뮬레이션 결과로부터 얻었다.

또한 소비전력은 칠판 조명용을 포함 FL 32W/1 × 22등을 사용시 704[W]이므로 단위면적당 소비전력은  $10.9[W/m^2]$ 로 매우 우수함을 확인하였고, 그리고 총 광속은  $61,600[lm]$ 이고 단위 면적당 총광속은  $951[lm/m^2]$ 를 얻었다.

교실의 조도분포를 3차원으로 도시한 것이 그림 9이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 학생이 사용하는 교실의 조도가 350[lx] 이상으로 일정함을 확인할 수 있다.

또한 기존 조명기구는 설치 및 유지관리에 문제점이 발생했으나, 직부 raceway 방법은 건축물의 구조에 관계

없이 조명기구를 쉽게 설치할 수 있고, 또한 배치도 용이하며 유지 보수관리 측면에서도 우수하다.

지금까지 사용한 조명기구 설치방법중 직부 raceway 방법이 기준조도 범위내에서 가장 우수한 조도분포를 제공하고, 전기에너지를 절약할 수 있음을 확인하였다.

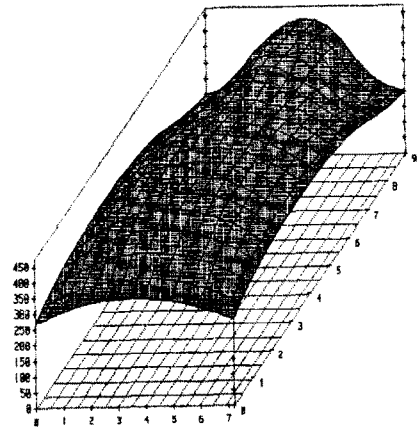


그림 9. 직부 raceway 조명기구에 대한 3차원법의 조도분포

### 3. 결 론

교육환경에서 가장 중요한 교실의 조도와 에너지 절약에 대한 연구를 하기 위하여 실측과 시뮬레이션의 데이터를 비교 검토한 결과를 다음과 같이 나타내었다.

파라보릭 루바형 조명기구를 수직배열한 규제도가 수평배열한 규제도보다 25[%] 우수하고, 조명율도 1[%] 향상됨을 확인하였다. 매입 개방 고조도 반사형은 조명기구 배치에 따른 조도와 규제도의 영향은 없으나, 파라보릭 루바조명 방식보다 조도가 45[%] 개선 됨을 확인하였다. 저반사 및 고반사 매입 개방형의 조도와 규제도는 거의 같지만, 조도와 규제도는 파라보릭 루바식 보다 크게 향상 됨을 알 수 있었다.

Raceway 방식이 파라보릭 루바방식 및 매입개방 조명 방식보다 규제도가 매우 크게 향상됨을 3차원 조도 분포도로부터 확인 하였다. 또한 Raceway 방식은 같은 조도의 다른 배열방식의 단위면적당 소비전력에 대해 15[%]의 절감효과를 얻었다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 照明學會. 照明普及會 ; 照明の生理, 日本照明學會, pp. 30~32 (1995)
- [2] 한국산업규격 ; 조도기준 KS A 3011, 한국표준협회 (1993)
- [3] 照明學會. 照明普及會 ; 光源, 日本照明學會, pp. 27~38 (1996)
- [4] OHM Co. ; LIGHTING HANDBOOK, J. Illum. Engng. Inst. Jpn, pp. 345 ~ 367 (1987)
- [5] REA. MARK S. ; LIGHTING HANDBOOK : ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA(NEW YORK), pp. 501~508, pp. 541~549, pp. 847~857 (1995)