

학교교실의 조명설계 최적화 연구

좌 승 태* · 김 덕 구** · 오 성 보***

A Study of Optimal Lighting Design in Schoolroom

Seung-Taek Jwa*, Deog-Goo Kim** and Seong-Bo Oh***

ABSTRACT

School illumination with full volume of light and adequate brightness is designed to help students better focus on their education and produce an optimum atmosphere where students can apply their utmost to learning. This paper presents study on actual illumination environment of schools in order to figure out illumination problems. Furthermore, it attempts to suggest an optimum design for schoolroom illumination through computer simulation. We try to attain qualitative improvement effect in school illumination under the illumination plan which is based on illumination maintenance and uniformity ratio that K.S. illumination standard sets.

Key words : Lighting design, schoolroom illumination, illumination plan

1. 서론

학생들은 대부분의 시간을 학교 교실에서 보내며 교실내에서 많은 생활을 시작업으로 소비하고 있다. 하지만 학교 교실 조명은 열악한 실정이어서 최근 눈의 굴절이상, 약시 등으로 인하여 우리나라 아동기와 청소년기 학생의 안경 및 콘택스렌즈 사용이 계속 증가하고 있는데 그 원인 중의 하나가 교실의 조명환경이 거론되고 있다. 이 때문에 대상을 보기 쉽고 불필요한 피로가 생기지 않도록 하기 위하여 균일한 밝기의

분포를 주는 것이 바람직하다. 이러한 밝기의 변화를 나타내는 척도로서 균제도(uniformity ratio)를 사용한다.¹⁾

조명 설계 연구는 초·중학교의 조명 사용 실태를 현장방문, 진단을 통하여 파악해 봄으로써 개선 방안의 문제점을 파악하였고, 최적의 등수와 설치 방향, 등간의 거리 등을 반영하여 설계안을 작성하였다. 기 작성된 설계안의 타당성을 검증하기 위하여 시범설치를 하여 효과를 측정하였으며 이 외에도 조도계산식에 의한 적정등수 산출과 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 이 연구는 교실조명의 K.S. 조도기준이 정하는 조도 유지 및 균제도를 고려한 조명계획에 따른 학교 조명의 질적 개선 효과를 확보하기 위하여 조명시뮬레이션을 통하여 학교 조명 최적 설계안을 제시하고자 한다.

* 제주대학교 산업대학원

Graduate School of Industry, Cheju Nat'l Univ.

** 제주직업학교

Cheju vocational school

*** 제주대학교 전기공학과, 산업기술연구소

Faculty of Electrical & Electronic Eng., Res. Inst. Ind. Tech.,
Cheju Nat'l Univ.

II. 조명의 조건

2.1. 좋은 조명의 조건

조명의 좋고 나쁨은 기술적인 면 (밝기, 눈부심, 음영, 연색성, 모델링, 열 등)과 감각적인 면 (청결, 안정감, 개방성, 인테리어와의 조화 등) 두가지 측면에 의해 판단된다. 이 둘의 중요성은 일반적으로 동등하게 보나 장소에 따라 그 중요도는 달라진다. 좋은 조명은 적어도 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

- ① 충분한 조도를 확보할 것
- ② 균일한 조도를 유지할 것
- ③ 눈부심이 없을 것
- ④ 적당한 음영이 있을 것
- ⑤ 광색이 좋을 것
- ⑥ 복사열이 적을 것
- ⑦ 조명의 효율이 좋을 것
- ⑧ 조명의 심리적 효과가 좋을 것
- ⑨ 조명기구의 배치가 효율적일 것
- ⑩ 조명기구의 디자인이 좋을 것
- ⑪ 유지관리가 용이할 것
- ⑫ 경제성이 있을 것

위와 같은 조건을 충족시키기 위한 조명시설의 설계조건으로서 조도, 휘도분포, 눈부심, 그림자, 분광분포, 조명기구의 위치와 의장 및 경제성과 보수 등이 고려되어야 한다. 이 연구에서는 적당한 조도, 균일한 조도, 조명기구의 위치 등에 관하여 중점적으로 연구하였다.

2.1.1. 조도

어떤 물체에 빛이 투사되면 그 면은 밝게 비추어진다. 그 정도를 표시하는데 조도를 사용한다. 어떤 면의 조도는 그 면에 투사되는 광속의 밀도를 말한다. 조도의 단위는 룩스 (lux : lx)로 이것은 1㎡에 1루멘(lm)의 광속이 투사되고 있을 때의 조도이다.

일반적으로 조도가 높을수록 좋은 조명이 된다. 그러나 조도를 높게 하면 같은 종류의 광원을 사용할 경우 설비비와 경비도 높아진다. 따라서 그 비용에 맞먹는 이익이 없으면 조도를 개선하는 의미가 없게 된다.

2.1.2. 균제도

조명이 행해진 공간에는 공간의 넓이, 구조 및 광

원의 종류, 수량, 배치, 높이 등 여러 요인들에 의해 부분적으로 조도의 차이가 발생하게 되며 이런 조도 차이의 비를 균제도라 한다. 작업의 종류, 업무의 형태에 따라 요구되는 균제도의 차이가 다를 수 있으나 공간에 있어서의 조도균제도는 주로 전반조명에 있어서 작업면 전역에 걸친 평균조도와 작업면내의 최소조도와와의 비로 고찰한다. 작업면 내의 어떤 위치에 있어서도 같은 작업을 할 수 있게 한다는 점에서 일본조명학회의 교실조명기준에서는 학교 교실인 경우 균제도의 차이가 작을수록 좋으며 이에 따른 최소조도/평균조도 [균제도1]는 1/2이상으로 함이 바람직하다고 보고 있고 최소조도/최대조도 [균제도2]는 1/3 이상인 것이 좋다.¹⁾ 특히 주간수업시 창측과 복도측이 주광조명에 의해 조도 차이가 심하게 발생되어 이로 인해 학습환경의 저해 및 학생들이 시력에 영향을 줄 수 있으므로 적절한 인공조명을 필요하게 된다.

2.1.3. 분위기

일반적으로 밝게 보이는 조명이 분위기가 좋은 것이지만 그렇지 않은 경우도 간혹 있다. 이 분위기는 광원의 문제가 아니고 실내 마감도 포함하여 생각하여야 한다. 실내의 천장, 벽, 설비, 바닥 등의 각 부위 색과 그 밝음에 대하여 광원의 종류와 그 채광방법에 따라 실내로부터 받는 분위기가 달라진다. 보통, 작업에 대한 조명의 경우는 천장, 벽 위쪽이 밝고 벽 아래, 바닥의 순서로 어둡게 보이는 것이 밝은 날의 옥외환경에 근사하므로 좋다고 할 수 있다.

III. 학교조명의 실태조사

학교조명의 문제점을 파악하기 위하여 복제주군의 초, 중학교 46개교를 중심으로 하여 등기구 설치 현황, 교실 조도 및 균제도 등 학교 조명 실태조사를 하였다.

3.1. 등기구 설치 현황

조사대상 학교의 주 광원으로는 직관형 형광등을 사용하고 있으며 교실별 등기구 수량은 40[W]

Table 1. Conditions of luminary and illumination in classroom

division	four luminaires	six luminaires	eight luminaires	sum
school number	12	20	14	46
percent [%]	28	42	30	100
average photometry illumination [Lux]	160	226	305	

double등을 기준으로 하였고, 학교의 조명설비 현황을 파악하기 위하여 46개 학교를 대상으로 실시한 실태조사 및 조도 측정 결과를 분석한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같이 평균조도가 226 [Lux]인 교실당 6등배율이 42[%]이며, 조도가 160 [Lux] 수준인 4등 설치 비율은 28[%]이며 조도가 305[Lux]인 8등 배율은 30[%]로 나타나 현 기준조도인 300[Lux] 이하의 교실이 전체의 70[%]를 차지하므로 교실의 조도환경은 대부분 매우 열악한 것으로 나타나 앞으로 조도개선을 위한 적정 등기구의 설치 및 배치에 대한 검토가 매우 필요한 것으로 판단되었다.

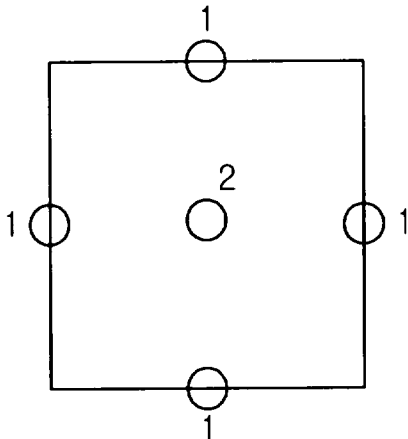


Fig. 1 Calculation method of average illumination by five points

3.2. 조도 측정

3.2.1. 평균조도산출법

조명 실태 조사를 위한 측정에서는 책상면의 높이를 50[cm]로 하여 책상면 위의 조도를 측정하였다. 다수의 점의 조도 측정치에서 측정범위내의 평균조도를 산출하려면 측정범위를 적당한 등면적의 평균조도를 산출한 뒤 그들의 평균을 낸다.

Table 2. Installation conditions of illumination and uniformity ratio

luminaire number item	four luminaires	six luminaires	eight luminaires
average photometry illumination [Lux]	160	226	305
uniformity ratio 1	0.275	0.389	0.412
uniformity ratio 2	0.159	0.228	0.293

이 연구에서는 약간의 조도변화와 실내에서 주로 사용하는 5점법 평균조도 측정법인 Fig. 1을 사용하여 측정하였으며 그 평균조도계산식은 식(1)과 같다.

$$E_0 = \frac{1}{6} (\sum E_m + 2E_d) \tag{1}$$

학교 교실의 조도분포 현황을 파악하기 위해 교실에 설치된 40[W] double 4등, 6등, 8등의 조도를 실측하여 5점법 평균조도계산식에 의해 단위구역의 평균조도를 산출 한 결과는 Table 2와 같다.

4등의 평균조도, 균제도1 및 균제도2는 각각 160[Lux], 0.275, 0.159이고 6등일때는 각각 226[Lux], 0.389, 0.228이며 8등일때는 각각 305[Lux], 0.412, 0.293으로 측정되어 기준조도, 균제도1 및 균제도2 모두를 만족시키지 않으므로 이를 개선, 최적 설계를 제시하고자 조명 모델 시뮬레이션을 실시하였다.

IV. 조명시뮬레이션

교실내 조도에 영향을 주는 조도 조건으로 작업면의 높이는 50[cm], 피조면에서의 조명기구까지의 높이는 2[m], 교실의 가로의 길이는 7.5[m], 교실의 세

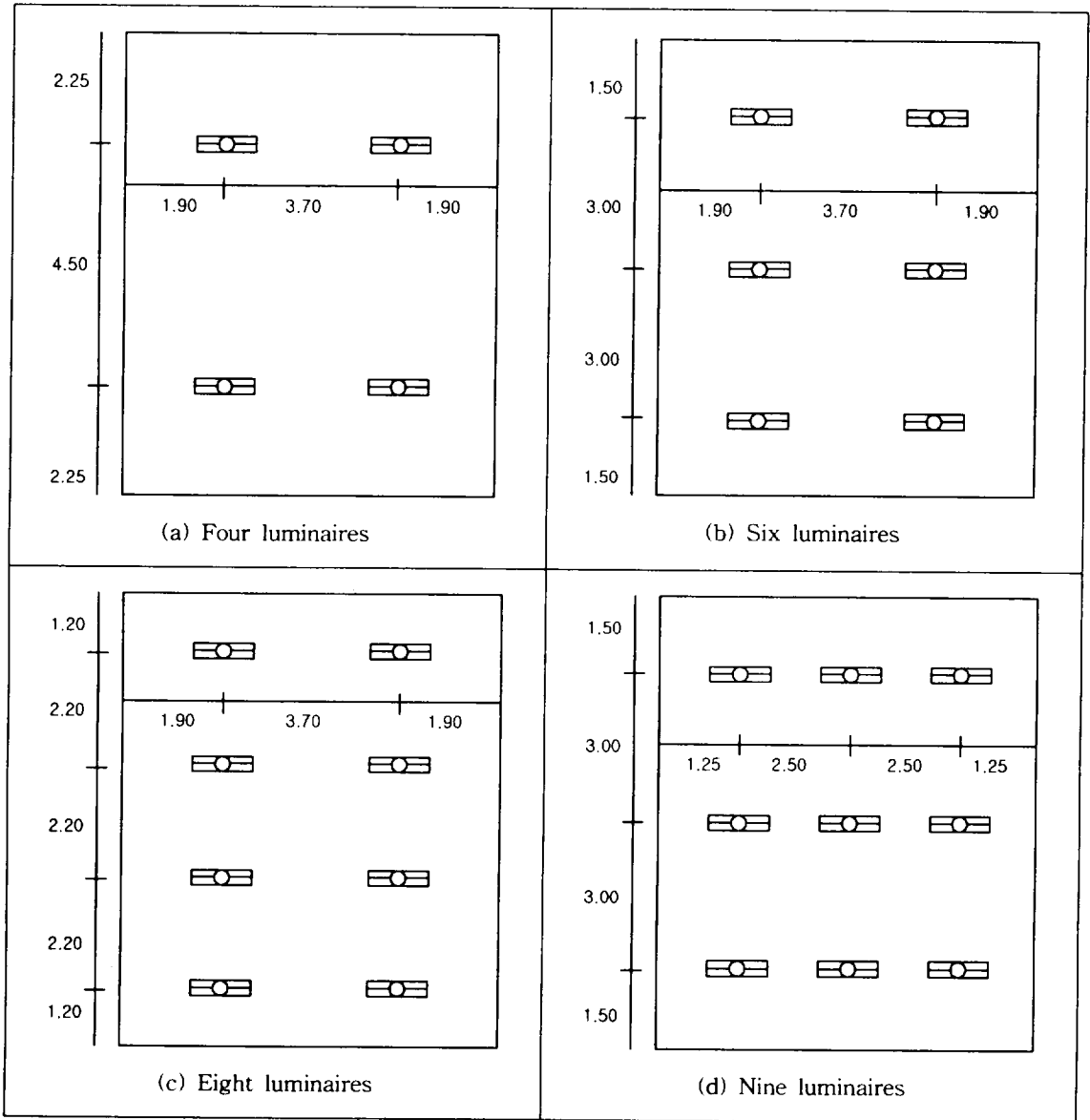


Fig. 2 Arrangement of luminaires in classroom

로의 길이는 9[m]로 하였고 조명률표상 중간값인 적용반사율은 천장 70[%], 벽면 50 [%], 바닥 30[%]의 값을 적용하였고 보수율은 70[%]를 적용하였으며, 사용한 시뮬레이션의 package는 Philips Lighting B.V.의 CalcuLux 2.0을 이용하였다.

4.1. 모델 시뮬레이션 제안

Fig. 2는 모델 시뮬레이션시 교실에서 등기구 배치 상태를 나타낸 것으로 (a)는 4등을 설치하였을 때를 나타내며 측벽으로 1.9[m], 정면으로는 2.25[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 3.7[m], 정면으로 4.5[m] 간격을 두고 배치한 것이고, (b)는 6등을 설치하였을 때이며 측벽으로 1.9[m], 정면으로는 1.5[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 3.7[m], 정면으로

로 3.0[m] 간격을 두고 배치한 것이고, (c)는 8등을 설치하였을 때이며 측벽으로 1.9[m], 정면으로는 1.2[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 3.7[m], 정면으로 2.2[m] 간격을 두고 배치한 것이며, (d)는 9등을 설치하였을 때을 나타낸 것으로 측벽으로 1.25[m], 정면으로는 1.5[m] 간격을 두고 등간의 거리는 측면으로 2.5[m], 정면으로 3.0[m] 간격을 두고 배치하여 조명 모델 시뮬레이션을 하였다.

4.2. 모델 시뮬레이션 결과

Fig. 3은 교실전체는 가로 7.5[m], 세로 9[m]이고 63그리드로 구분하여 40[W] double 4등을 설치하였을 때 책상면에서의 조도분포를 나타낸 것이고, Fig. 4는 책상면을 기준으로 한 교실 전체의 등가 조도 분포 곡선이며, 평균조도는 159[Lux], 균제도1과 균제도2는 각각 0.28, 0.11으로 평균조도, 균제도1, 균제도2 모두 기준치에 미달한 결과를 보였다.

1. Calculation Results

1.1 Grid Graphical Table

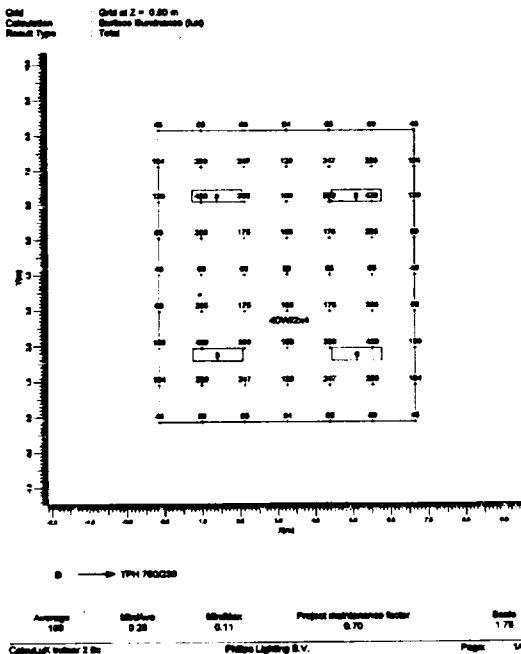


Fig. 3 Illumination distribution of grid for four luminaires

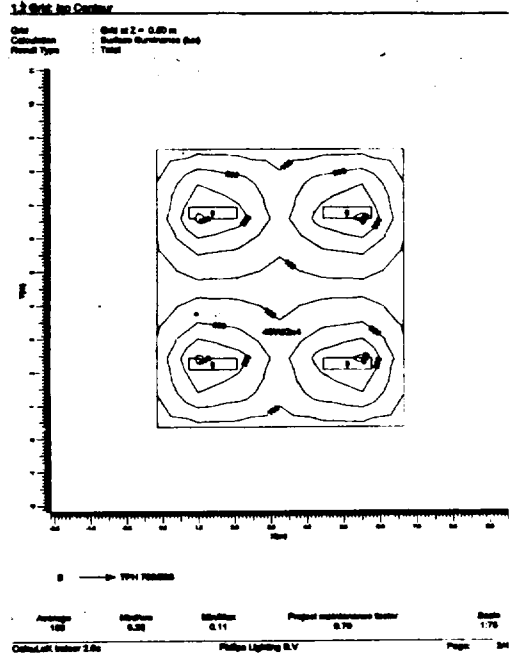


Fig. 4 Iso-lux diagram for four luminaires

1. Calculation Results

1.1 Grid Graphical Table

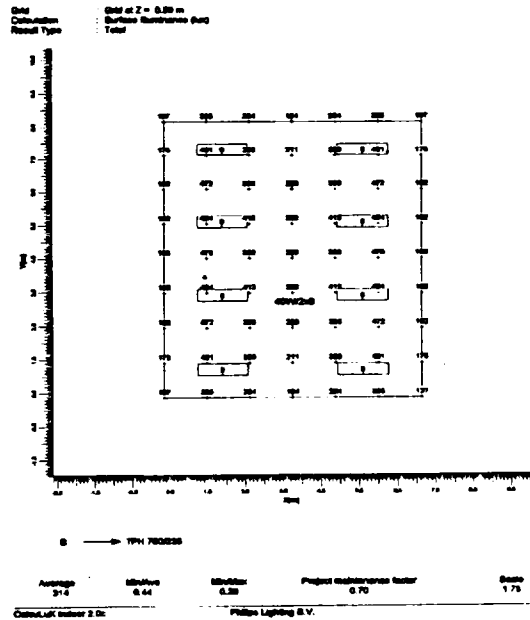


Fig. 5 Illumination distribution of grid for eight luminaires

Fig. 5는 40[W] double 8등을 설치하였을때 책상면에서의 조도분포, Fig. 6은 등가 조도 분포 곡선이며 평균조도는 314[Lux], 균제도1과 균제도2는 각각 0.44, 0.28로 평균조도는 기준치인 300[Lux]이상으로 양호하였지만 균제도1과 균제도2는 기준치인 0.5, 0.333에 미달한 결과하였다.

Fig. 7은 40[W] double 9등을 설치하였을때 책상면

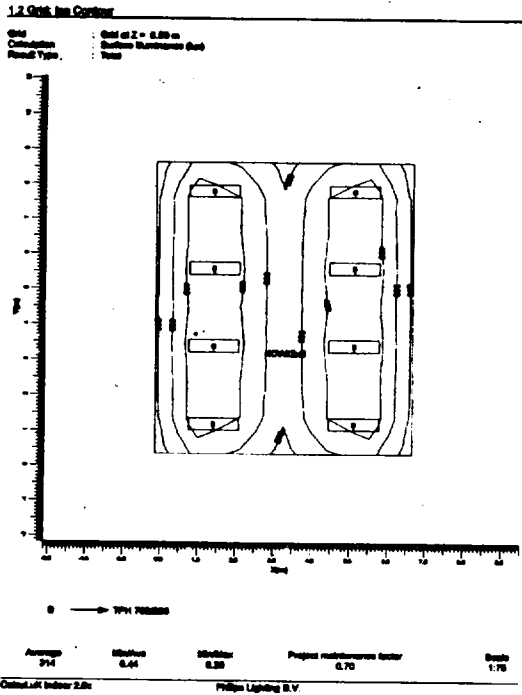


Fig. 6 Iso-lux diagram for eight luminaires

Table 3. Simulation results of illumination and uniformity ratio

luminaire number item	four luminaires	six luminaires	eight luminaires	nine luminaires
average photometry illumination [Lux]	159	237	314	350
uniformity ratio 1	0.28	0.43	0.44	0.56
uniformity ratio 2	0.11	0.23	0.28	0.34

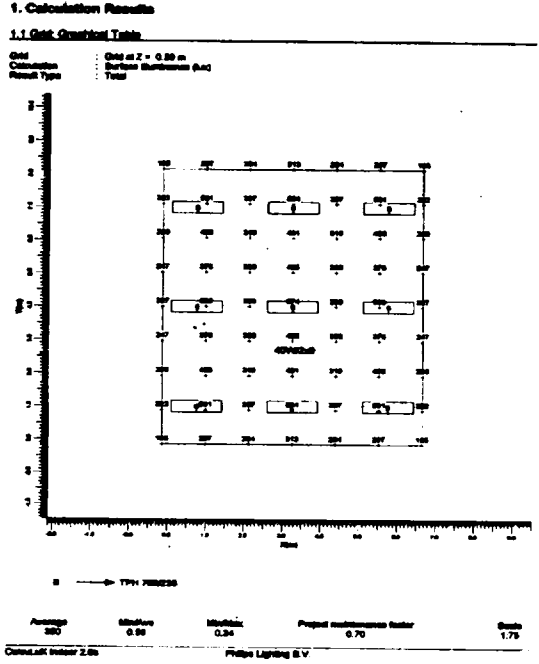


Fig. 7 Illumination distribution of grid for nine luminaires

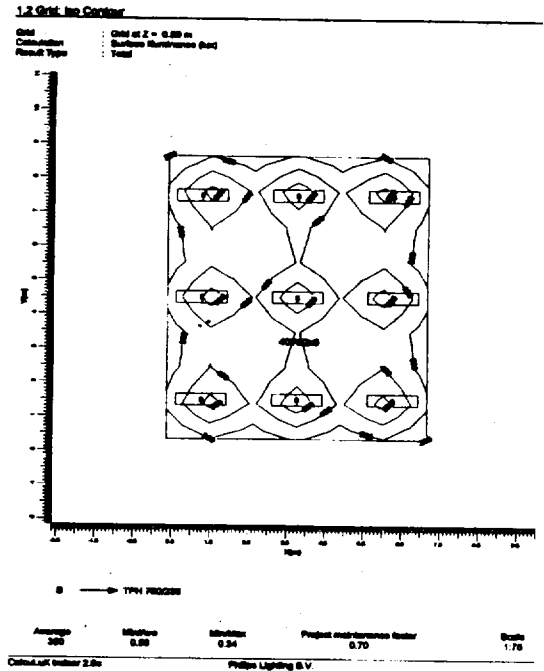


Fig. 8 Iso-lux diagram for nine luminaires

에서의 조도분포, Fig. 8은 등가 조도 분포곡선을 나타낸 것으로 평균조도는 350[Lux], 균제도1과 균제도2는 각각 0.56, 0.34로 평균조도, 균제도1, 균제도2 모두 양호한 결과를 보였다.

Fig. 2와 같이 조명 모델 시뮬레이션을 하였을 때 40[W] double 4등, 6등, 8등, 9등 배열의 평균조도, 균제도1, 균제도2의 결과는 Table 3에 제시하였으며 실측정값인 Table 2와 비교해보면 40[W] double 4등, 6등, 8등 배열의 평균조도, 균제도1, 균제도2는 조명 모델 시뮬레이션을 했을 때 값과 거의 일치하는 것으로 분석되었다.

V. 결과 및 검토

학교조명의 실태조사를 통해 교실별 등기구 설치현황에서 보여준 바 같이 기준조도인 300[Lux] 이하의 교실이 전체의 70[%]를 차지하고 있었다. 그리고, 28[%]를 차지하고 있는 40[W] double 4등 설치시 평균조도는 160[Lux], 균제도1은 0.275, 균제도2는 0.159로서 기준치 평균조도인 300[Lux], 균제도1의 기준치 0.5, 균제도2의 기준치 0.333에 모두 미달한 결과를 보였고, 42[%]를 차지하고 있는 40[W] double 6등 설치시 평균조도는 226[Lux], 균제도1은 0.389, 균제도2는 0.228로서 역시 모두 기준치에 미달한 결과를 보였다. 그리고, 30[%]를 차지하고 있는 40[W] double 8등 설치시 평균조도는 305[Lux]로서 기준치인 300[Lux]에 만족하고 있지만 균제도1은 0.412로서 기준치인 0.5, 균제도2는 0.293로서 기준치인 0.333에 미달하고 있다.

학습 환경 개선을 위한 적정 등기구의 수량 및 배치에 대한 시뮬레이션한 결과 40W Double 9등을 설치하였을 때 평균조도는 350[Lux], 균제도1은 0.56, 균제도2는 0.34로서 기준 평균조도 300[Lux], 기준 균제도1은 0.5, 기준 균제도2는 0.333이상을 만족하고 있어 학교 표준 설계안은 40W Double 9등 이상을 설치하여야 하는 것으로 해석되었다.

VI. 결 론

학교 조명 개선을 통한 학습 환경의 질을 높이기 위해 복제주군 관내 초, 중학교 46개교를 조사한 결과 70[%]는 평균조도, 균제도1, 균제도2 모두 미달이 되는 40W double 4등, 6등으로 배열된 학교이고, 교실 평균조도 기준치 300[Lux]이상인 40W double 8등으로 배열된 학교가 전체의 30[%]로 나타났으나 균제도1과 균제도2의 값이 기준치에 미치지 못하고 있는 실정이어서 학습환경의 저해 및 학생들의 시력에 영향을 주므로 학교조명의 최적 설계에 의한 적절한 조명 등기구의 배치가 요구되어 진다.

이 연구는 기존의 교실 환경을 감안하여 최적의 조명환경을 구현하기 위하여 실제 교실 환경에서의 측정을 통해 평균조도, 균제도 외에 등기구 배치방법 등을 연구하였으며, 교실조명의 KS 조도기준이 정하는 조도 유지, 균제도, 등기구 적정수량 및 배치를 얻기 위해 조명 시뮬레이션을 한 결과 40[W] double 9등을 배열하는 경우가 최적의 상태로 분석되었다. 얻어진 결과를 항목별로 기준화하여 학교교실 조명설계시 활용안으로 제시한 이 연구 결과가 각급 학교의 적정 조명 표준 설계안으로 설치에 적용되리라 사료된다.

참고문헌

- 1) 안옥희·김현지, 1999, 실내공간에서의 인공조명 균제도 산출방법에 대한 일고찰, 조명·전기설비학회논문지, 제13권 제2호, pp.7-8.
- 2) 한국조명전기설비학회, 1999, 조명디자이너 자격인증 교재, 1장 pp.1-10, 7장 pp.1-18.
- 3) 조명학회, 1992, 조명데이터북, 세진사, pp.69-70, p. 329.
- 4) 지철근, 2000, 최신조명공학, 문운당, p.211.
- 5) 지철근, 2000, 조명원론, 문운당, p.183.