

학교 건축물의 야간 조도분포 분석

(Analysis of a Night Illuminance Distribution in School Buildings)

朴東化* · 成樂晉** · 申載華** · 李炳基***

(Tong-Wha Park · Nak-Jin Seong · Je-Wha Sin · Byung-gi Lee)

요 약

본 연구는 인천시에 소재한 초·중·고등학교의 야간 조명환경(교실, 과학실, 실험실)을 조사하기 위하여 개교된지 10년이내, 20년, 30년 경과 등으로 나누어 각 4개 학교 이상을 추출하여 조도를 측정, 분석하였다. 교실 평균조도는 235.6[lx](고등학교; 260[lx], 중학교; 208[lx], 초등학교; 203[lx]), 과학실과 실험실의 경우에는 233.7[lx](고등학교; 248.8[lx], 중학교; 216.4[lx], 초등학교; 207.8[lx])로서 양적인 면에서는 매우 향상되었으나, 균제도(평균값이 교실은 0.95, 과학실이나 실험실은 1.08)에 있어서는 권장 값을 매우 초과하고 있으며, 조도구배에서도 최대조도와 최소조도의 비(교실; 7.9, 과학실이나 실험실; 6.8)가 크게 나타나며, 건축된지 오래된 학교일수록 크게 나타나 조도의 질적인 개선을 위한 많은 노력이 필요한 것으로 나타났다.

Abstract

In this paper, the illuminance of elementary, junior, and senior high school in Incheon was measured and analyzed to investigate their night illuminating circumstances(classrooms, science rooms, and laboratories). More than four schools were selected based on the years elapsed(10, 20, and 30 years, etc) since the opening of the schools. It was shown that the average illuminance for the classroom and that for science room and laboratory have been improved significantly such that the former was 235.6[lx](260[lx] for senior high school, 208[lx] for junior high school, 203[lx]) for elementary school) and the latter was 233.7[lx](248.8[lx] for senior high school, 216.4[lx] for junior high school, 207.8[lx] for elementary school).

The uniformity of the illuminance was exceedingly worse than the recommended one(the average value for the classroom and that for science room and laboratory were 0.95 and 1.08, respectively). It was found that the maximum to minimum illuminance ratio with respect to illumination derivative(7.9 for classroom, 6.8 for scienceroom or laboratory) was very high for most school buildings and was much higher for the old ones. From

*正會員 : 仁川大 工大 電氣工學科 教授

**正會員 : 仁川專門大 電氣科 教授

***正會員 : 韓國產業人力管理工團

接受日字 : 1996年 8月 22日

the measured results, it was shown that the illuminance for the school buildings needs to be improved with regard to quality.

1. 서 론

학교 교실의 적절한 학습 환경계획은 학생들의 생리적, 심리적, 사회적 성장발달과 매우 밀접하다. 특히 학생과 교사는 학습현장인 교실에서 장시간 체류하게 되므로 교실의 조명환경의 영향을 크게 받게 된다. 이러한 조명환경은 주광조명과 인공조명에 의해 얻어질 수 있는데 주광조명은 자연채광에 의해 얻어지는 조명환경으로서 창의 크기를 기준으로 채광에 유효한 부분인 바닥면에 대한 비율인 개구율과 주광율을 기준¹⁾으로 하고 있으나 우리나라에서는 학교 건축물에 대한 각 변수의 값이 정확히 정해져 있지도 않은 실정이다. 따라서 측정에서 기준설정이 곤란하므로 주광조명을 배제한 상태에서의 인공조명을 분석하여 그 실태를 파악함으로써 현실의 학교 건축물의 야간 조명환경을 조사코자 하였다.

현실의 실내조명은 단순히 밝기만을 요구하는 것이 아니라 적절한 밝기의 분포, 눈부심, 그림자, 연색성 등을 포함한 보임의 조건과 심리적 효과를 고려하여 종합적으로 평가되어야 한다. 이러한 평가를 위해서는 실내면에 있어서 조도의 분포를 아는 것이 필수적으로 요구되나 현재 사용하고 있는 실내 조도 계산법이 표준적인 조도값을 이용하여 전체의 실내 조도의 평균값만을 계산하는 광속법이므로 정확한 조도분포를 나타내기가 원리적으로 불가능하다.²⁾

조명환경에서 양적인 개선의 추구만에 있어서는 광속법에 의한 설계에 의해 어느정도 가능하겠지만 최근 건축물이 복합적인 첨단 정보화를 요구함에 따른 질적인 개선을 위해서는 조도분포를 정확하게 알아낼 수가 없으므로 알기 쉬운 방법이 필요하게 되었다. 따라서 학교 건축물의 조명환경을 질적으로 분석하기 위한 기초적인 연구로서 인천광역시에 소재한 초·중·고등학교를 중심으로 조도환경을 분석하였다.

오늘날 많은 수의 학생들이 안경을 착용하는데 있어 선천적 원인과 생활환경의 영향도 있겠지만

교실내에서의 조도의 불균일과 현휘 등의 원인도 있다고 볼 수 있다. 1980년의 건설부의 공고 제 130호(국민학교 교실 표준설계 계획안)의 자연광에 대한 조도의 배려가 부족했던 점을 지적하면서 조도에 대한 무관심의 당연한 결과로 교훈을 삼아야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 학교 건축물의 창의 크기가 규격화되어 있지 않으며, 주광에 대한 고려가 이루어지고 있지 않으므로 주광을 배제한 상태에서 인공조명에 의한 조도를 측정하여 분석함으로써 낮 동안의 학습장소의 조명환경을 연구하는데 기본 자료를 제공하는 동시에 야간의 조명특성을 제공함으로써 야간 학습환경의 자료를 제공하고자 한다.

2. 측정 및 데이터 분석

2.1 측정방법

조도의 측정방법³⁾ 및 계산법은 다음과 같이 하였다.

1) 조도의 측정점은 바닥면을 50(cm)의 간격으로 분할하여 측정점수를 단위구획으로 하였으며, 조도계의 측정위치는 책상면의 위치(85(cm))로 하였다.

2) 조도측정점의 결정방법⁴⁾은 한국공업규격에 정해진 방법에 따라 평균조도는 원칙적으로 4점법에 따라 계산하여야 하지만 단위구역이 다수 연속하여 조도 측정점이 100점을 초과하므로 측정점의 값을 평균하였다.

3) 균제도⁵⁾란 조도분포를 평가하기 위하여 옥내조명에서는 다음의 두 식을 이용하고 있으며, 두 식으로 구한 값 중에서 큰 값을 취하며, 0.3이하의 값을 권장하고 있다.

$$\text{균제도} = \frac{\text{평균조도} - \text{최소조도}}{\text{평균조도}}$$

또는

$$\text{균제도} = \frac{\text{최대조도} - \text{평균조도}}{\text{평균조도}}$$

4) 측정은 실내온도 20(℃)에서 형광램프가 점등된 후 15분 이상이 경과하여 램프의 광출력이 안정된 후에 측정하였다.

2.2 측정조도 및 조도분포 분석

실제의 학교 건축물의 교육환경은 건설 당시의 관계 담당자와 설계자에 따라 매우 다양한 특성을 나타내므로 인천시 산하의 초·중·고등학교 중 개교 후 10년 이내, 20년, 30년이 경과된 각급 학교를 각각 4개교 이상을 추출하여 교실과 실험실 또는 과학실 등의 조도를 측정하였다.

그 측정된 결과 및 계산값은 표1, 표2와 같다.

1) 조도분석

교실내의 조명은 다양한 학습활동과 개개의 학습활동에 따른 적절한 조도가 요구되지만 우리나라에서는 예능이나 도서실에서는 비교적 높은 300[lx]의 조도를 요구하는 반면에 교실이나 실험실은 200[lx]의 비교적 낮은 조도를 요구하는 것으로 1980년 “학교 교사 표준 설계도 연구 보고서”에 나타나고 있다.⁶⁾

1987년 한국 교육 개발원의 “초·중등교육 국제 비교”⁷⁾에 의하면 보통 교실의 경우, 일본은 200[lx], 미국은 200~300[lx], 우리나라는 평균 조도가 52.4[lx]로 보고되고 있다. 이번 측정 결

과에 의하면, 야간의 교실의 조도는 표 1, 과학실이나 실습실의 조도는 표 2와 같은 값으로 나타나고 있다. 이 값은 낮에 점등을 하는 경우, 주광에 의한 조도가 가산되어 실제로는 이 표의 값보다도 크게 증가하게 될 것이므로 큰 개선을 보이고 있다.

교실의 조도는 고등학교의 경우에는 평균 260[lx], 중학교는 208[lx], 초등학교의 경우에는 203[lx] 이상을 유지하고 있어 하급학교일수록 평균조도는 낮아지고 있으며, 경년변화에 따른 평균조도는 10년 이내가 266[lx], 20년 경과는 247[lx], 30년 경과인 경우에는 207[lx]로 나타나 근년에 개교되는 학교일수록 밝아지고 있다.

과학실이나 실습실에 있어서도 고등학교의 경우에는 248.8[lx], 중학교는 216.4[lx], 초등학교의 경우에는 207.8[lx]로 중학교와 초등학교에서는 교실보다 약간 밝으나 고등학교의 경우에는 경년변화에 따라 큰 조도감소를 보이며, 실업계 고등학교 실습실의 평균조도가 229.8[lx]로 인문계 고등학교 과학실의 평균조도 267.9[lx]에 비하여 낮게 나타났다.

균제도의 값에서도 권장값인 0.3을 크게 초과하고 있다. 교실은 평균 0.95, 과학실과 실험실의 경우에는 1.08에 이르고 있다. 이러한 현상은 학

표 1. 교실 책상면의 조도값

Table 1. Values of the horizontal Illuminance on the surface of tables in Classrooms.

구분 측정장소	최대조도 [lx]	최소조도 [lx]	평균조도 [lx]	균제도
A	580	80	301.3	0.93
B	480	60	240.1	1.00
C	500	60	226.1	1.21
D	560	120	294.7	0.90
E	380	60	246.8	0.76
F	440	100	228.9	0.92
G	340	40	183.1	0.86
H	560	20	234.5	1.39
I	600	60	311.5	0.93
J	440	80	195.1	1.26
K	360	80	202.3	0.78
L	340	80	211.2	0.62
M	280	60	152.4	0.84
N	500	80	270.3	0.85

표 2. 과학실 및 실험실 책상면의 조도값

Table 2. Values of Table Surface Illuminations on Science rooms and Laboratories

구분 측정장소	최대조도 [lx]	최소조도 [lx]	평균조도 [lx]	균제도
A	440	90	279.7	0.68
B	480	60	240.1	1.00
C	560	60	208.4	1.69
D	560	60	264.5	1.12
E	480	80	244.2	0.97
F	440	60	196.8	1.00
G	560	80	223.9	1.50
H	560	40	234.5	1.39
I	540	100	317.1	0.70
J	360	100	204.3	0.76
K	440	80	233.7	0.88
L	320	80	211.2	0.62
M	280	60	143.4	1.02
N	500	80	270.3	0.85

교와 사무실 조도의 기준값이 같음을 감안할 때 우리나라의 사무실 조도특성은 경제의 향상에 따라 크게 발전되어 왔으나³⁾ 학교 건축물은 이에 따르지 못하여 교육정책의 미진함의 한 면을 보여주고 있다.

조도분포에서 IES의 인테리어 조명에서는 전반조명에 있어서 최소조도와 평균조도의 비율을 0.8이상으로 잡아주는 것이 바람직하고, 경우에 따라서는 거의 같은 정도로 균일하게 하는 것을 권장하고 있으며, 1975년 CIE에서는 인접에 있는 다른 면 사이의 휘도의 비는 1:5를 넘지 않도록 권장한 바 있다.

또한 최대조도와 최소조도의 비에서도 표1, 2에 나타난 바와 같이 교실은 평균 7.9, 과학실과 실험실은 6.8이상으로 나타나고 있다. 이와 같은 요인은 전반적인 교육환경요건을 고려하지 않고 우선적인 수요증가와 입시교육 등의 조건을 충족하기 위한 밝기만을 개선한 결과 초등학교 교실의 최대조도의 평균값이 390[lx]인데 비해 고등학교는 505[lx]로 매우 높아졌으며, 최대조도와 최소조도의 비도 초등학교의 평균값이 4.88에 비해 중학교는 5.59이며 고등학교의 경우에는 11.2로써 매우 높게 나타나고 있다. 이러한 현상은 과학실이나 실험실에서도 유사한 특성을 나타내고 있으며, 대부분의 고등학교에서 과학실이나 실험실이 교실보다 조도가 낮은 분포를 나타내고 있음은 우리나라 교육의 한 면모를 보여주는 자태로 시정되어야 될 현상이다.

이상의 결과에서 학교 건축물의 조명이 양적인 면에서의 개선은 어느 정도 활발하게 이루어져 왔다고 할 수 있으나 질적인 면에서의 밝음의 분포는 매우 열악한 결과로 나타났다. 이러한 현상을 요약하면 다음과 같다.

(1) 고등학교의 야간 학습연장으로 인한 등수의 증가와 측정시간이 야간이므로 유리창 근방이나 모서리 근방이 대부분의 학교 건축물에서 최소의 조도값을 나타내고 있기 때문이다.

(2) 학습환경의 개선으로 책상의 높이가 높아지고, 학교 건축물의 고층화로 등높이가 낮아지는 경향이 있으나 면적이 같을 경우의 등수는 일반적으로 같게 나타나고 있어 등기구의 간격이나

등기구의 보호각을 고려하지 않고 있는 상태이다.

(3) 학습 개선책으로 인해 북도쪽의 창이 없거나 작고 높아져 북도에서의 광 유입의 부족, 점등의 불량과 등기구의 오손 등에 의한 조명조건의 결여로 볼 수 있다.

이와같은 현상으로 학교 조명환경의 조도분포가 매우 불균일하므로 이를 개선하기 위해서는 많은 노력이 이루어져야 될 것이나 실현 가능한 몇가지 사항을 지적하면 다음과 같다.

(1) 유리창 근처의 최소조도는 유리창으로 인한 과도한 광의 투과 때문이므로 커튼이나 차광용 블라인드장치를 설치함으로써 부분적인 개선이 이루어 질 수 있으며, 확산광을 얻을 수 있는 루우버를 설치함으로써 조도구배를 감소시켜 장시간의 시작업효율을 향상시킬 수 있으며,

(2) 불완전 점등(30%정도)과 점등되지 않는 램프(10%정도)로 인한 조명구배를 감소시키기 위하여 램프의 교체에 대한 문제점 해결과 정기적인 청소 실시.

(3) 학교 건축물의 이용을 확대방안(칸막이에 의한 분리)에 의해 북도쪽의 창의 크기가 감소되어 북도쪽에서 유입되는 광이 차단되므로 이를 보완하기 위한 P.S.A.L.I(Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interior)의 채택.

(4) 칠판근처의 완만한 조도구배에 대한 노력 등의 복합적인 개선책이 고려되어야 할 것이다.

근래에 건설되는 학교 건축물의 경우, 일반적으로 높은 조명을 얻기 위한 방편으로 많은 주광을 입사시키기 위하여 창의 크기를 증가시켰으나 증가하는 현휘를 조절하기 위한 커튼이나 블라인드 장치는 거의 설치되지 않고 있다. 그러나 실내면의 반사율을 높이기 위하여 반사율이 높은 재료를 사용하였고, 바닥재를 심리적인 효과와 반사를 고려하여 녹색의 페인팅처리를 함으로써 눈의 피로를 줄여 주고, 평균조도를 향상시킨 것은 매우 바람직한 결과라 할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 인천시에 소재한 초·중·고등

학교의 조명환경(교실, 과학실, 실험실)을 조사하기 위하여 개교된지 10년이내, 20년, 30년경과 등으로 나누어 각 4개교 이상을 추출하여 측정, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

3.1 교실에서 고등학교의 평균조도는 260[lx], 중학교는 208[lx], 초등학교의 경우는 203[lx]를 나타내며, 경년변화에 따른 평균조도는 10년 이내가 266[lx], 20년 경과가 247[lx], 30년 경과인 경우 207[lx]로 나타내고 있다. 과학실이나 실습실에 있어서도 고등학교의 경우에는 248.8[lx], 중학교는 216.4[lx], 초등학교의 경우에는 207.8[lx]로 중학교와 초등학교에서는 교실보다 약간 밝으나 고등학교의 경우에는 경년변화에 따라 큰 조도감소를 보이며 실업계의 실습실의 평균조도가 229.8[lx]로 인문계의 과학실의 평균조도 267.9[lx]에 비하여 낮게 나타났다.

3.2 교실과 과학실 또는 실험실의 균제도는 평균 0.95와 1.08이며, 야간학습이 이루어지고 있는 학습환경의 균제도 값이 크게 나타났다.

3.3 최대조도와 최소조도 값의 비는 교실에서 평균 7.90, 과학실 또는 실험실은 6.8로 나타났으며, 초등학교 교실의 평균값이 4.88, 고등학교의 경우가 11.2, 과학실이나 실험실에 있어서도 초등학교가 3.8인데 비해 고등학교가 7.65로 매우 높게 나타나고 있어 조명의 증설을 위한 보수과정에서의 문제점이 있음을 지적할 수 있다.

3.4 학습환경의 조도분포가 매우 불균일하므로 완전 확산광을 얻을 수 있는 루우버의 설치와 램프의 교체에 대한 문제점, 복도쪽의 광의 차단으로 P.S.A.L.I의 설치, 유리창을 통한 주광클레어를 막기 위한 커튼이나 블라인드의 설치, 칠판근처의 안전한 조도구배에 대한 노력 등의 복합적인 노력이 이루어져야 할 것이다.

학교 건축물의 조명환경을 종합적으로 평가해 볼때 조도의 양적인 면에서는 많은 향상이 이루어져 왔으나, 질적인 면에서는 매우 낙후되어 있으므로 적극적인 고려와 개선이 이루어져야 될 것이다.

이 연구는 인천대학교의 연구개발 조성비에 의하여 이루어 졌으며, 측정에 협조해 준 각급 학교의 담당자에게 감사의 말씀을 드리는 바입니다.

참 고 문 헌

- 1) IES Testing Procedures Committee, "IES approved method for total and diffuse reflectometry(IES LM-44-1990) IESNA, 1990, New York.
- 2) 김훈, "몬테카로르법을 이용한 실내조도의 계산", 한국 조명·전기설비학회지, 제6권5호, pp.19~20, 1992. 10.
- 3) 박동화, 장진호 외 2명, "사무실의 조도분포에 관한 연구", 인천대학교 공업개발연구소 논문집, 제10권, pp. 91~92, 1995. 12.
- 4) 유승기, 최도혁, "사무실의 조도분포 분석", 한국 건설 기술 교육원, 1995.
- 5) 김정수 외 3인, "전기응용(7)", 학현사, 1974, pp.93, 97.
- 6) 임상훈 외 4인, "초·중·고등학교 교사건축의 환경계획에 관한 연구", 한국 에너지 기술 연구소 연구 논문집, 제15권3호, pp.87~101, 1993.
- 7) 박영숙, 박인종, "초·중등교육 국제 비교", 한국교육 개발원, 1987, p.117.

◇ 著 者 紹 介 ◇



박 동 화(朴東化)

1946년 4월 28日生. 1974年 崇實大學校 電氣工學科 卒. 1988年 崇實大學校 大學院 電氣工學科(博士). 1967~1968年 I.T.U研修. 現在 仁川大學校 電氣工學科 教授, 當學會 總務理事.



성 낙 진(成樂晉)

1953年生. 1975年 崇實大學校 電氣工學科 卒. 1977年 崇實大學校 大學院 電氣工學科(碩士). 1996年 카자흐스탄 國立科學院(博士課程). 現在

仁川專門大學 電氣科 教授.



이 병 기(李炳基)

1948年生. 1989年 서울 產業大學校 電氣工學科 卒. 1991年 仁川大學校 教育大學院(碩士). 現在, 거창 職業專門學校 訓練部長.



신 재 화(申載華)

1949年生. 1975年 仁荷大學校 電氣工學科 卒. 1982年 仁荷大學校 大學院 電氣工學科(碩士). 1996年 東國大學校 大學院(博士課程). 現在, 仁

川專門大學 電氣科 教授.