

학교 교실의 빛환경 평가 및 개선방안에 관한 연구

김 옥*, 이연구**

*중앙대학교 대학원 건축학과(okok8080@hotmail.com), **중앙대학교 건축학과(ekrhee@cau.ac.kr),

A Study on the Evaluation and Improvement of Luminous Environment in Schools

Kim, Ok*, Rhee, Eon Ku**

*Dept. of Architecture, Graduate School, ChungAng University(okok8080@hotmail.com),

**Dept. of Architecture, ChungAng University(ekrhee@cau.ac.kr),

Abstract

The objective of the study is to evaluate luminous environment in schools and to suggest strategies to improve it. The field measurement was carried out to collect the data on luminous environment in existing classroom. A simulation using Radiance 2.0 program was conducted to determine the design strategies for lightshelf design. The result of the study presents optimum criteria of lightshelf design parameters.

Keywords : 학교 교실(classroom), 자연 채광(daylighting) 빛 환경(luminous environment), 고정형 광선반(fixed Light shelf)

1. 서 론

1.1 연구의 목적 및 배경

7차 교육개정 이후, 교육시설은 학습을 하는 단순한 공간에서 다양한 기능과 쾌적한 환경을 제안하는 환경으로 개념적 접근이 변화하고 있다. 이러한 공간에 대한 개념적인 변화에 맞추어, 학교 시설의 환경성능을 개선시키고자 하는 노력이 늘어나고 있다. 환경성능 개선 중에 하나인 자연채광을 이용한 빛환경 성능 개선은 재실자의 건강과 시각적 쾌적감, 그리고 학습능력에도 영향을 미칠 뿐 아니라 건물의 에너지 사용에도 영향을 미치는 요소이므로, 반드시 고려해야 한다. 특히 학교건물은 사용시간대가 주간이고 우리나라 학교 교실의 대부분은 남측을 향하면서 상대적으로 넓

은 창호를 확보하고 있어 자연채광확보에 유리한 것으로 평가된다.

그러나 현재 건축되어진 대부분의 교육시설들은 자연채광에 관해 체계적인 계획이 되어있지 않아, 넓은 창호가 주광을 유입하는데 이용이 되고 있지만, 오히려 이러한 넓은 창호는 교실 내의 조도 불균형 또는, 현휘를 발생시키는 원인이 되어 재실자에게 불쾌감을 주거나 학습능률을 저해하는 요소가 되고 있다. 따라서 본 연구는 학교 교실의 빛환경 성능 향상을 위해 유지 관리가 간편한 고정식 광선반 이용하여, 현재 건축되어진 학교 건물에 적용 가능한 광선반의 형태와 적정위치와 크기를 알아보았다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 학교 교실의 빛환경을 평가를 위

하여, 빛환경 기준에 관하여 이론을 고찰하고 학교를 선정하여 실측한 후, 실측한 결과를 토대로 빛환경 개선을 위해 광선반의 크기와 적정위치 설치 각도를 고려하였다.

- ① 문헌고찰을 통하여 학교 건물의 자연채광 성능을 평가하기 위한 지표 및 기준을 조사하였다.
- ② 실측을 통하여 기존 교실의 빛환경에 대한 실측 데이터를 수집하였다.
- ③ 수집한 데이터를 바탕으로 고찰한 자연채광 성능 기준에 따라 결과를 도출하고 그 결과를 분석 및 평가하였다.
- ④ 광선반의 크기와 적정위치, 설치각도를 변화시켜가며 교실에 적당한 고정형 광선반의 대안을 마련하였다.

2. 이론 고찰

2.1 교실의 국내·외 조도 기준

국내의 학교 교실에 관한 조도기준은 한국공업규격(KS A 3011-1993)에서 규정하고 있다. 이 규정에 따르면 학교건물은 활동 유형에 따라 A에서 K까지 조도를 분류했고 각각의 최저-표준-최고 조도값으로 조도 범위를 규정하고 있다. 학교 교실의 경우, 활동 유형을 「일반휘도대비 혹은 작은 물체 대상의 시작업 수행에 관련된 항목」으로 분류하여 최저허용조도를 300lux, 표준기준조도를 400lux로 최고허용조도를 600lux로 규정하고 있다.

국외 학교 교실 조도 기준의 경우, CIBS(Chatered Institute of Building Service Engineers)에서는 교실 300lux, 칠판 or 실험실 500lux로 규정하고 있고, 국제조명학회(CIE)는 강의실 기준 300lux, 미국조명공학회(IES)는 학습 & 필기를 위한 실내조도는 700lux로 제한하고 있다.

표 1. 활용유형에 따른 조도기준

실의 용도	조도범위(lux)	활동유형
숙직실	60-150	빈번하지 않은 시작업
강당, 집회실, 교직원실, 사무실, 회의실, 보건실	150-300	고휘도대비 또는, 큰 물체 대상의 시작업
교실(칠판), 실험실습실	300-600	일반휘도대비 혹은 작은 물체대상의 시작업
도서열람실, 연구실	600-1500	저휘도대비 혹은 매우 작은 물체대상의 시작업

2.2 학교 교실의 주광률 기준

조도는 계절, 기상, 시각 등, 주광의 변화에 의해 조도레벨이 변동하기 때문에 실내 빛환경의 설계나 평가를 위한 기준으로 사용하기에는 부적당하다. 그러므로 실내의 빛환경을 고려 시에는 옥외의 조도레벨과는 상관없이 실내의 주광량을 나타내는 지표로서 주광률을 사용하는데, 이러한 주광률은 외부 전천공조도에 대한 실내작업면조도의 비로 나타낸다.

현재 국내에는 주광률에 대한 기준이 마련되어 있지 않은 상태로, 외국의 주광률 기준을 살펴본 결과, 일본건축학회에서는 보통교실에 대한 기준 주광률을 2%로 권장하고 있고, 영국의 CIBSE (Chatered Institute of Building Service Engineers)에서는 교실 책상면을 기준으로 최저주광률을 2%로, 평균 주광률을 5%로 권장하고 있다.

2.3 학교 교실의 균제도 기준

균제도는 작업면 조도의 균일한 정도를 나타내는 지표로 작업면 최고조도에 대한 최저조도의 비로 나타낸다. 교실과 같이 실 전체에서 같은 수준의 시작업이 이루어지는 장소에서는 실내작업면의 조도 분포가 균일하게 유지되어야 재실자가 작업하는데 시각적인 문제가 발생하지 않는다.

균제도는 인공조명의 경우 1/3(최소/최대)이상, 주광조명에 서는 1/10(최소/최대) 이상 요구된다. 주광과 인공조명을 병용했을 경우에는 1/7이상이 요구되며 특히, 책상 위 칠판면과 같은 동일 작업 범위 내에서는 시선이 끊임없이 이동하므로 조도 분포가 균일하도록 해야 하므로 보통의 경우 그

면내에서 1/1.5 이상의 균제도가 요구된다.

3. 대상교실 실측 및 평가

3.1 대상교실 실측 및 평가

(1) 대상교실 실측

학교 교실의 자연채광성능 평가를 위해 측정된 대상건물은 서울 S초등학교로 건물이 위치한 향은 남서향(남서 13°)으로 그림 1.과 같이 건물 부지에 자리하였으며, 측정 교실의 창문면은 운동장측에 면하였고, 대상 건물의 부지 남쪽은 운동장을 경계로 자연채광에 방해될만한 높은 건물은 없었다. 대상 건물의 북쪽에 경우에는 산이 위치하여 확산광 유입에 문제가 발생할 것으로 예상되었다.

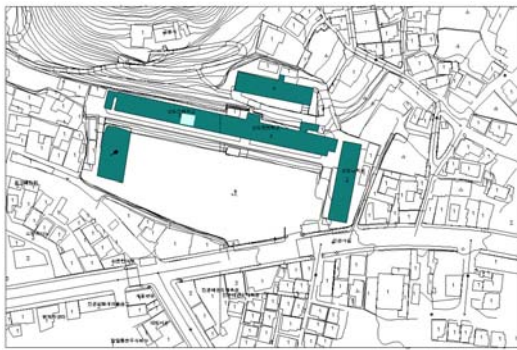


그림 1. S초등학교의 배치도

3.2 외부천공조건

실내로 유입되는 자연채광은 외부의 천공조건에 의해 빛의 양과 질이 달라지기 때문에 외부의 천공조건은 실의 빛환경에 중요한 영향을 미치고 있다. 이러한 외부의 천공조건을 확인하기 위해 대상건물의 운동장 중앙에서 외부조도를 측정하였으며, 측정시간은 2005년 하지(6월 22일) 담천공상태에서 이루어졌다.

대상 건물의 측정 시간은 외부 조도가 높은 11~13시까지 3시간동안 1시간 간격으로 측정을 하였고, 그 때 외부조도는 각 11시 - 27200lux, 12시 - 37000lux, 1시 - 37900lux이다.

3.3 측정대상교실 내·외부 조건

(1) 대상교실의 외부 조건

측정 대상 건물 외부는 콘크리트위에 페인트로 마감되어 있다. 측정교실의 남쪽에는 운동장이 있어서 교실의 빛환경에 영향을 주는 외부장애물은 없고 북쪽에는 언덕이 있고 약 4층 규모의 다른 교실 동이 있어서 자연채광 유입에 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

(2) 대상교실의 내부 조건

실험을 위한 측정교실 내부요소들의 크기를 측정해본 결과, 바닥면적은 63.36㎡, 창문면적은 남측 - 15.2㎡, 북측 - 5.13㎡ 이었다. 측정교실의 창면적비를 알아보기 위해 내부요소를 측정한 결과, 바닥면적에 대한 창문면적의 비는 32%이다.



그림 2. 측정 학교 내부

교실천정은 흰색 페인트로 마감처리되어 있었고, 벽은 흰색 페인트(위) 연두색 페인트(아래)로 마감되어있었으며, 바닥은 콘크리트로 마감되어있었다. 창문은 남측의 경우 이중창이며 밀부분은 반투명으로 윗부분은 투명 유리창으로 되어 있었다. 북도와 교실 사이의 창은 단창으로 되어 있다.

표 2. 는 교실의 실내 마감재별 반사율을 측정한 것이다.

표 2. 교실 실내마감재 반사율

측정요소	반사율	측정요소	반사율
천장	10.82	벽 (흰색마감)	78.88
벽 (연두색마감)	43.80	바닥	21.96
책상	39.39	창틀	11.77
불투명유리	6.42	투명유리	7.42
운동장	19.68	외부바닥 콘크리트	20.42

교실 마감재의 반사율은 천장을 기준으로 바닥으로 내려올수록 반사율이 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

3.4 조도 및 주광률 분포 측정 결과

대상교실에서 각 지점의 조도를 측정하여 주광률을 평가한 결과이다. 측정위치는 다음과 같다. 측정교실에서 각 지점은 조도를 측정하였고, 측정 위치는 그림 3. 과 같다.

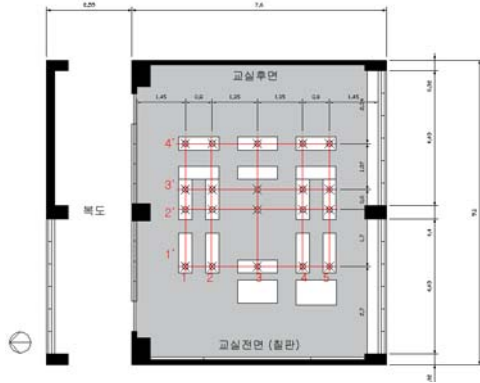


그림 3. 교실 평면

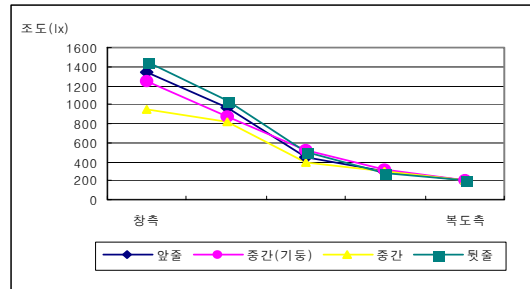
측정지점의 높이는 학생이 책상높이 즉, 작업면으로 본 대상 건물은 초등학교 건물이라는 점 때문에 작업면을 책상 높이보다 높여 일반적인 중·고등학생 책상높이인 850mm를 기준으로 하였다.

측정한 각 지점의 시간의 흐름에 따른 조도분포는 그림 4.와 같다.

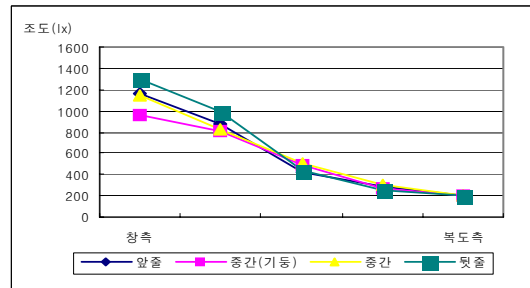
측정 결과를 보면, 교실의 각 지점에서 측정된 조도들의 평균 조도는 약 572.5lux로 우리나라 학교 교실의 최소 기준인 300lux 보다 높은 것으로 나타났다. 그러나 남측창을 기준으로 실의 내부로 3m 이후에는 기준조도인 300lux를 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 외부조도가 약 25,000lux 이고 남측의 창면적 비율이 매우 높음에도 불구하고 남측창으로 유입되는 자연채광이 실의 내부 벽까지 깊숙이 유입되지 못하는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 남쪽 창에 인접한 부분과 내부벽에 인접한 부분의 조도차이가 크게 나타나 양질의 빛환경을 제공하지 못한 것으로 나타났다.

또한, 측정 교실의 각 지점에서 측정된 주광률들을 이용하여 산출한 평균 주광률은 1.73%로서 최소 평균주광률 2%에 못 미치는 것으로 나타났다. 남쪽 창에 인접한 부분의 경우 약 5%-4%의 주광률을 보이지만 3m 이후부터는 평균주광률을 못

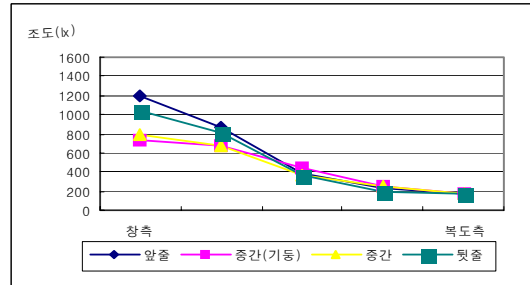
미치며 계속해서 떨어져 내부벽에 인접하고 있는 책상의 작업면 주광률은 0.4 - 0.7%를 나타냈다.



11시 조도 측정 결과



12시 조도 측정 결과



13시 조도 측정 결과

그림 4. 측정 시간 별 조도 측정 결과

3.5 측정 교실의 빛환경 문제점 검토

앞서 실측한 결과를 바탕으로 분석하여 학교 교실의 빛환경을 평가하고, 문제점을 파악하였다. 그 결과 학교 교실에서의 빛환경의 문제점은 빛의 질적인 측면으로 조도 및 주광률 분포가 크게 불균형한 것으로 나타났다. 이러한 불균형한 조도와 주광률을 개선하기 위해 본 연구에서는 학교건물에서 유지관리가 용이한 고정형 광선반을 이용하여 빛환경 개선의 대안을 제시하고자 한다.

4. 빛환경 개선방안을 위한 광선반의 대안 제시

4.1 시뮬레이션 개요

해석 모델은 실측한 학교를 통해 Auto CAD를 통해 3D 모델링을 한 후, Radiance 2.0을 통해 시뮬레이션 하였다.

Radiance 2.0을 통해 시뮬레이션하기 전에 광선반의 각 변수에 따른 대략적인 범위를 정하기 위해 빛의 직진하는 성질을 이용하여 그림 5. 와 같은 방법을 통해 변수의 범위를 결정하였다.

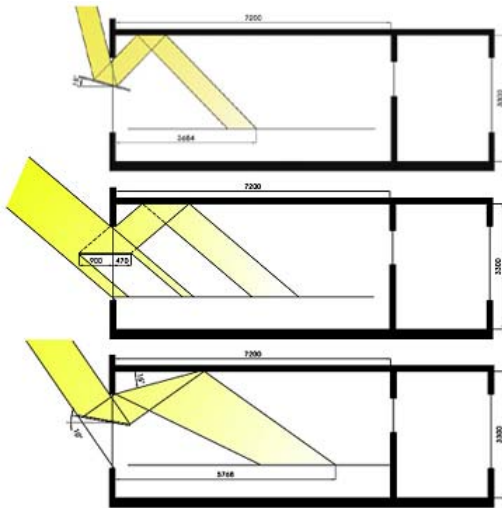


그림 5. 빛환경 개선 변수에 따른 빛의 분포 예상도

이러한 방법을 통해 얻어진 각 변수의 범위는 표 3. 과 같다.

표 3. 빛환경 개선을 위한 변수

변수	내용	
광선반	외부길이	700~1100mm (200mm 간격)
	내부길이	150~600mm (150mm 간격)
	높이	1600~2200mm (20mm 간격)
광선반의 기울기	900/450/2000 기준	-20~+20° (5° 간격)
Ceiling의 기울기	900/450/2000 기준	-5~+5° (1° 간격)
복측장면 적 변화	900/450/2000 기준	20~35% (5% 간격)

이러한 광선반과 Ceiling의 변수를 Radiance 2.0통하여 시뮬레이션 할 것이고, 시뮬레이션의 결과는 표 4와 같은 평가기준을 통하여 시뮬레이션의 만족여부를 판단 할 것이다.

표 4. 빛환경 평가 기준

평가방법	내용
주광율	주광율 최저 2% 만족
균제도	0.6 만족

조도레벨을 통한 평가기준은 빛환경의 질적인 요구를 만족시키기 어렵기 때문에 주광율과 균제도를 통해 빛환경을 평가하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

(1) 광선반의 길이 및 기울기 각도 설정

시뮬레이션은 다양한 변수들 간의 조합을 통해 이루어졌으며, 광선반의 크기와 위치에 따라 주광율과 균제도 값이 달라지는 것을 그림 6.7.을 통해 확인하였다.

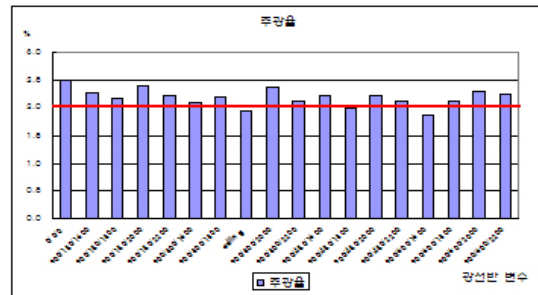


그림 6. 변수들 간의 주광율

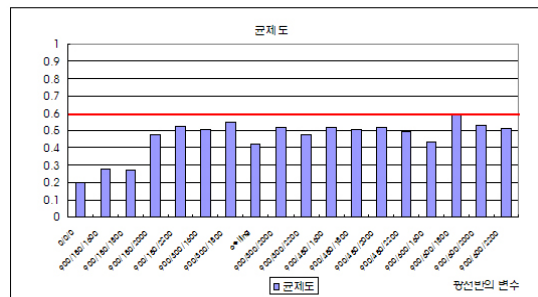


그림 7. 변수들 간의 균제도

4.3 소결

시뮬레이션 결과, 광선반의 내·외부 길이와 높이에 의한 실의 주광율의 경우 외부 길이가 900mm 정도(1000mm이하), 높이는 2000mm 이상 되었을 때 최소 기준으로 설정한 주광율 2%를 만족하는 것으로 나타났고, 내부 길이의 경우 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났고, 광선반 기울기의 경우 주광율을 기준으로 할 때는 -15도가 적당하나. 균제도를 기준으로 설정할 시에는 15도가 적당한 것으로 나타났다. 이는 남측창 주변의 조도 차에 의한 것으로 판단되어진다.

ceiling의 경우 반사광의 면적을 증가시킬 수 있도록 창문을 기준으로 하여 기울기를 + 시킬 경우에 균제도와 주광율이 향상되었다.

다음 그림 8.9.은 이러한 광선반의 최적의 조합을 통하여 계절에 따른 변수를 주어 시뮬레이션 한 값이다.

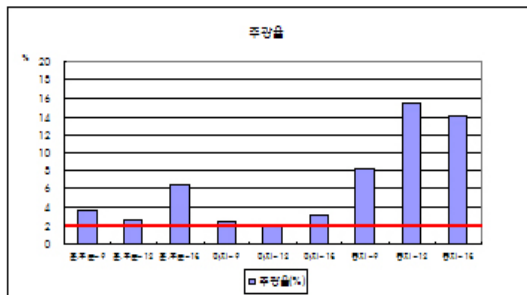


그림 8. 계절에 따른 주광율 변화

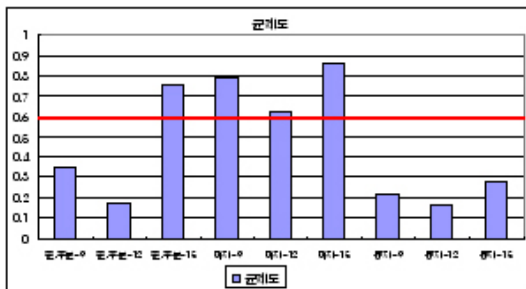


그림 9. 계절에 따른 균제도 변화

이러한 결과는 하절기의 높은 태양고도각이 광선반에 반사되어 실내부로 유입되어 하절기에 균제도가 높았고 춘추분과 동절기에는 태양 고도각이 낮아 광선반 아랫부분으로 태양광이 유입되어 창문 주변의 조도가 높아졌기 때문이다.

5. 결론

본 연구는 학교 교실의 빛환경 향상을 위해 고정형 광선반의 적정 크기와 위치, 각도를 알아보고자 한 것으로 빛환경의 평가기준으로 설정한 0.6의 균제도 값과 2%의 주광율을 광선반의 변화를 통해서 균제도를 만족시키는 방안에 관하여 연구하였다.

고정형 광선반의 경우, 외부 길이 900mm 이상 1000mm이하, 높이는 2000mm 이상이 적당하고, 광선반 기울기의 경우 주광율을 기준으로 할 때는 -15도가 적당하나. 균제도를 기준으로 설정할 시에는 15도가 적당한 것으로 나타났다.

ceiling의 경우 반사광의 면적을 증가시킬 수 있도록 창문을 기준으로 하여 기울기를 + 시킬 경우에 균제도와 주광율이 향상되었으며, 북측창의 경우, 너비를 35%이상 증가 시켰을 때, 기준치를 만족시키는 것으로 나타났다.

본 연구는 학교 교실의 빛환경 향상을 위해 고정형 광선반의 적정 크기와 위치, 각도의 범위를 알아보고자 한 것으로 실제 건물에 적용시키기에 미흡, 기능적인 면이 미흡하므로 본 연구의 광선반의 범위를 통해 추후 연구를 하여 실제 건물에 적용가능한 광선반을 계획하고자 한다.

참고문헌

1. 김정태 외, 광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본형상 설계 및 성능평가에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 19권 3호, 2003.12.
2. 황경애, 학교 교실의 조명환경 개선방법에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위 논문집, 2001.
4. 유정연, 벽 일체형 채광장치의 자연채광성능 평가 및 현황문제 해결 방안, 한양대학교 석사학위논문집, 2003.12.
5. 김정태 외, IEA 첨단채광시스템의 형상 및 특성에 관한 비교분석, 한국생태학회논문집. vol3. 2003.03
6. NASEO, Georgina Blach Intermediate School (Los Altos, California) Report of Daylighting Measure Impacts, Energy center of wisconsin, 2004.12
7. Andrew S. Lau, Advancing the Art & Science of Daylighting Design, USGBC, 2002.