반사거울형 태양광채광시스템의 주택적용 실험

(Application Experiment of Mirror Sunlighting System to House)

정인영* · 김정태**
(In Young Jeong · Jeong Tai Kim)
*경희대학교 연구박사, **경희대학교 교수

Abstract

자연채광은 실내공간의 쾌적성을 향상시키며, 재실자의 건강을 증진시킬 뿐만 아니라 에너지 절약적인 측면에서 시너지 효과를 발휘하고 있다. 이에 반사거울형 태양광채광시스템은 도시가 과밀하고 고층화됨에 따라 자연채광의 도입이 어려운 실내공간에 태양광을 도입할 수 있는 자연에너지 활용장치라 할 수 있다.

본 연구는 태양광채광시스템을 이용하여 주거건물 옥상에 1차반사거울을 설치하고, 반지하의 상부에 2차반사거울을 설치하여 거실공간에 태양광을 유입하였다. 시스템 미설치시와 설치시에 대한 거실의 바닥면조도와 외부조도를 동시에 측정하여 외부조도에 대한 내부조도의 비율인 주광조도비를 분석하고, 증감율을 구하여 반사거울형 태양광채광시스템의 성능을 평가하였다.

채광성능평가 결과 채광시스템의 설치로 인한 실내 주광조도비는 평균 80~1,400%정도 증가하는 것으로 나타났으며, 또한 창면부에 비해 실의 후면부가 2배 이상 증가한 것으로 나타나 채광성능이 매우 큰 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 실험한 반사거울형 태양광 채광시스템은 주거건물에서의 적용이 용이하고 높은 채광성능을 제공할 수 있어 실내 빛환경 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적

자연채광은 실내공간의 쾌적성 및 작업성능을 향상시키며, 재실자의 건강을 증진시킬 뿐만 아니라 에너지 절약적인 측면에서 시너지 효과를 발휘하고 있다[1]. 그러나 도시가 과밀하고 고층화됨에 따라 자연채광의 도입이 어려워지고 있는 실정이다.

이에 선진국에서는 자연채광의 도입이 어려운 곳에 여러 가지 하드웨어를 사용함으로써 필요한 자연채광을 유입하는 태양광채광시스템(Solar Sunlighting System)을 개발하여 건물에 적용하고 있다. 또한, 태양광채광시스템은 지구온난화를 방지하고 에너지절약 및 지속가능한 건축을 위한 태양에너지 활용시스템의 하나로 앞으로 시스템의 도입 및 확대가 크게 기대되는 자연에너지 활용장치이다[2].

우리나라의 경우 태양광시스템의 일종인 광파이프시스템, 광섬유방식시스템, 반사거울형시스템에 대한 연구를 진행하여 채광성능평가를 실시하였다. 그러나 실증연구는 이루어지지 않아 이러한 시스템들이 실제 건물에 설치되었을 때의 채광성능분석자료가 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 다양한 태양광채광시스템 중에서 주거지역에 많이 적용될 수 있는 반사거울형 태양광채광시스템을 대상으로 실제 반지하 주택에 설치하여 자연채광성능을 평가하였다. 향후 자연채광의 유입이 부족한 주거건물에서의 태양광시스템 역할을 분석하기 위한 기초자료로서 반사거울형 태양광채광시스템의 효용성을 분석하는데 연구목적이 있다.

1.2. 연구의 내용 및 방법

반사거울형 태양광채광시스템의 주택설치 시 자연채광성능 분석을 위한 연구의 내용 및 방법은 다음과 같다.

① 기존에 개발된 시스템의 태양추적장치를 보완하여 설계 및 제작하였다.

② 빛의 유입이 어려운 반지하 주거공간의 거실을 대상으로 바닥면조도를 측정하였다.

③ 실험은 70,000lx이상인 청천공상태에서 실시되었으며, 설치전과 설치후를 측정하였다.

④ 시스템설치시 주광조도비 및 증감율을 지표로 사용하여 자연채광성능을 분석하였다.

2. 실험방법론

2.1. 반사거울형 태양광채광시스템의 설계

본 연구의 평가대상 시스템인 반사거울형 태양광채광시스템은 한국에너지기술연구원, 서울산업대, (주)동아산전과 공동작업으로 개발되었으며, 기존의 연구는 K대학의 강의실을 대상으로 채광성능을 평가하였다.

그러나 외국의 적용대상을 검토한 결과 주택에 가장 많이 설치되어 빛을 유입하고 있었으므로 본 연구는 주택에 설치하기 위하여 1차 반사거울과 2차 반사거울의 크기를 변화하였다. 태양을 추적할 수 있는 센서의 경우 기존에는 1개로 태양을 추적하였으나 본 연구에서는 X, Y축으로 하는 2개의 센서를 사용하여 더 정확하게 태양으로부터 빛을 집광하였다. 태양광 채광시스템은 센서나 프로그램에 의해 태양광을 추적·집광하는 채광부, 채광된 태양광을 전송하는 전송부, 그리고 실내공간에 전송된 태양광을 산광시키는 조사부의 세 부분으로 구성되어 있다[3]. 반사거울형 태양광채광시스템의 설계평면도 및 입면도는 그림 1과 같다. 또한, 반사거울형 태양광채광시스템의 실제 모습은 사진 1과 같다.

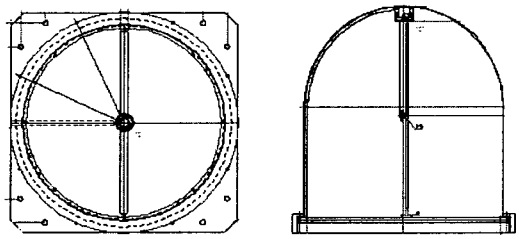


그림 1. 시스템의 평면 및 단면도

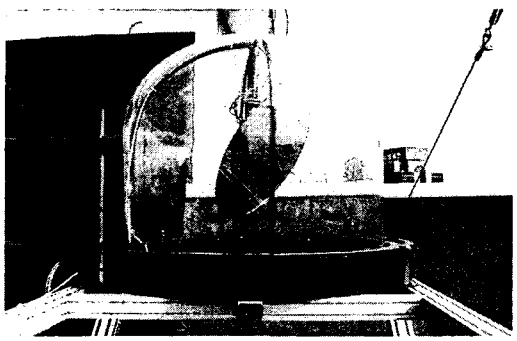


사진 1. 반사거울형 태양광채광시스템

2.2. 반사거울형 태양광채광시스템의 설치

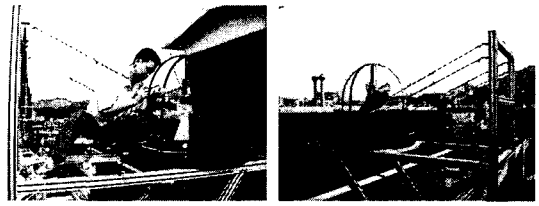
본 시스템의 성능을 평가하기 위하여 제작된 채광시스템의 설치는 2005년 10월 3일 (주)동아산전과의 공동작업으로 다음과 같은 순서에 따라 설치하였다.

① 시스템을 설치하기 위하여 안양 3동에 위치한 반지하를 포함한 4층건물 옥상 파라펫에 지지대를 제작하였으며 수평계를 이용하여 수평을 맞춘 후 1차 반사거울을 설치하였다.

② 1차 반사거울에 레이져 포인트를 부착하여 2차 반사거울의 중심점에 위치할 수 있도록 수직을 맞추었다.

③ 거실의 중앙부에 빛이 유입될 수 있도록 2차 반사거울의 높이와 각도를 조절하였다.

설치모습은 사진 2와 같다.



(a) 지지대위에 수평 맞추어 1차반사거울 설치

(b) 수직맞춤 (c) 2차반사거울설치

사진 2. 시스템의 설치

2.3. 측정점의 선정

실험대상공간의 거실형상은 실폭이 3,400mm, 실깊이 3,800mm, 천정높이 2,280mm이며, 서측에 창을 갖고 있다. 창의 형상은 창폭 2,380mm, 창높이 640mm이며, 빛을 유입하는 유리면적은 3,484㎠이다. 또한, 토대높이는 바닥위 1,370mm이며, 실내에는 다수의 가구가 배치되어 있다. 실내모습은 사진 3과 같다.

반사거울형 태양광채광시스템을 실제로 주택에 설치하였을 경우 설치전과 설치후의 자연채광성

능을 평가하기 위하여 그림 2와 같이 측정점을 선정하였다. 실내에 가구가 배치되어 있으므로 측정점은 창측을 제외한 각각의 벽으로부터 0.7m떨어진 지점에서 0.5m간격으로 5지점을 선정하고, 창으로부터 0.5m간격으로 6지점을 선정하여 총 30지점의 실내 바닥면의 측정점을 선정하였다. 또한, 외부조도를 실내조도와 동시에 측정하였다.

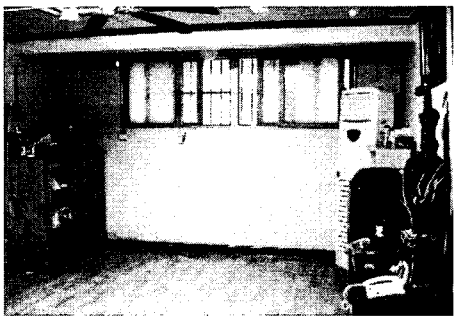
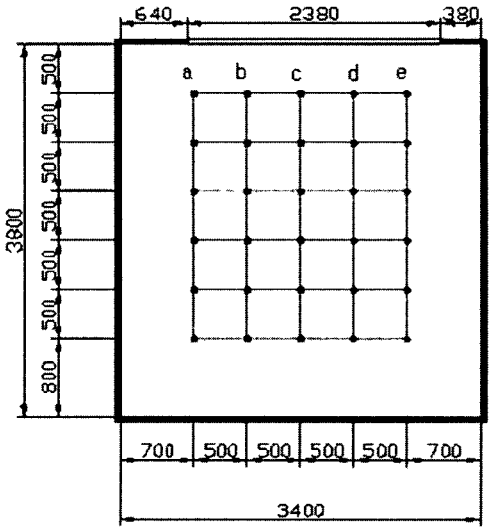


사진 3. 대상공간의 실내모습



(단위 mm)

그림 2. 측정점의 위치도

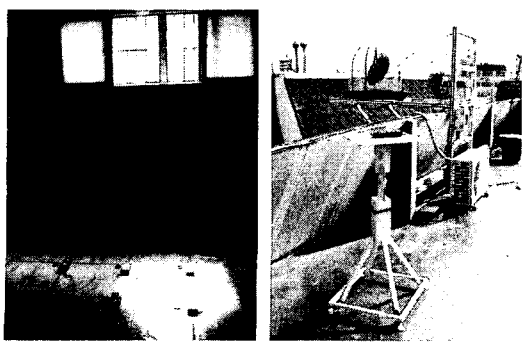


사진 4. 측정점의 모습

2.4. 실험개요

실험은 2005년 10월 13일 오후 1시 30분부터 2시까지 안양 3동에 위치한 반지하 주거건물에서 측정이 이루어 졌다. 기상상태는 외부조도가 70,000[lx]이상인 청천공상태에서 수행되었다.

반사형거울 채광시스템이 미설치시 15분, 설치시 15분 총 30분간 실내의 바닥면을 측정하였다. 이와 동시에 옥상에 외부조도센서 받침대위에 조도계를 설치하고 외부조도를 측정하였다.

측정기기는 측정범위가 0~200,000lx를 갖는 Topcon사의 IM-5를 사용하였으며, 3회측정하여 평균값을 측정값으로 적용하였다.

채광성능평가 지표로서 외부조도에 대한 내부조도의 비율인 주광조도비와 채광시스템을 미설치시 대비 설치시의 증감율을 구하여 평가하였다.

3. 반사거울형 태양광채광시스템의 채광성능평가

3.1. 반사거울형 채광시스템의 미설치시 채광성능평가

반사거울형 태양광채광시스템을 설치하지 않았을 경우 외부조도에 대한 내부조도와의 비율인 주광조도비는 그림 3과 같이 나타났다.

보통 거실의 경우 창면적/바닥면적이 5%일때 1%의 최소주광율을 갖는다[4]. 그러나 측정결과 본 연구대상공간은 창면적/바닥면적이 11%임에도 불구하고 전체적으로 0.1%미만으로 나타나 사진 5에서도 보여지듯이 빛의 유입이 거의 없는 것으로 분석되었다.

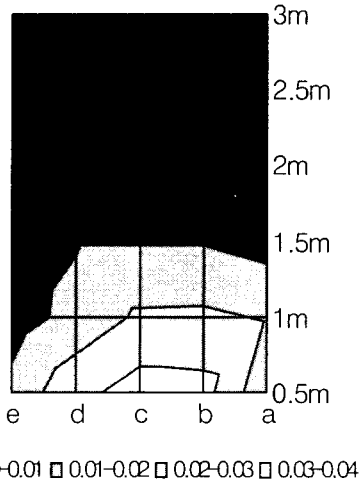


그림 3. 미설치시 주광조도비의 분포

3.2. 반사거울형 채광시스템의 설치시 채광성능평가

반사거울을 설치하였을 경우 실내의 주광조도비 분포는 그림 4 및 사진 5와 같이 나타났다. 1차반사거울에 의해 집광된 빛이 2차반사거울을 통해 유입되어진 거실의 중앙부분 즉, 창으로부터 1.5m~2m인 측정점부근이 가장 높은 주광조도비 0.8%로 나타났다. 밝은 부분은 중앙부의 주변으로 0.4~0.7%의 값을 나타냈으며, 측벽으로 갈수록 어두운 부분으로 0.1~0.3%의 값을 나타냈다.

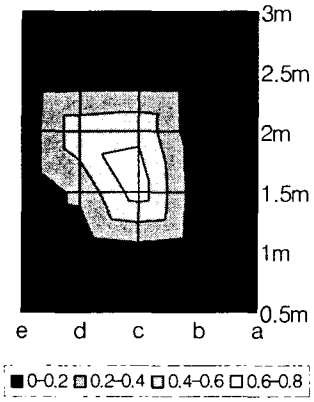


그림 4. 설치시 주광조도비의 분포

(a) 미설치시 (b) 설치시

사진 5. 실내공간의 빛의 유입모습

3.2. 반사거울형 채광시스템의 미설치시 대비 설치시 증감율

반사거울형 태양광채광시스템 미설치시에 대한 설치시의 주광조도비의 증감율은 그림 5와 같이 나타났다. 좌측벽에서 0.7m떨어진 a열의 경우 창면부에 비해 실의 후면부의 주광조도비가 4배이상 증가하였으며, b열의 경우 3배이상, e열의 경우 2.5배이상 증가한 것으로 나타났다.

또한, 반사거울에 의해 빛이 유입되는 지점인 c, d열의 경우 창으로부터 1.5~2m떨어진 부분에서는 2,000~4,700%정도 증가한 것으로 나타났다.

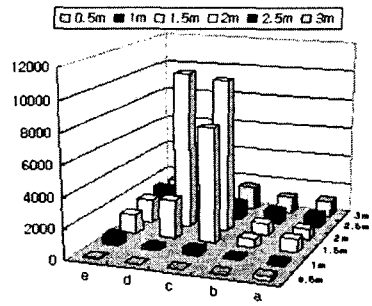


그림 5. 미설치시 대비 설치시의 증감율

4. 결 론

반사거울형 태양광채광시스템은 도시가 과밀하고 고층화됨에 따라 자연채광의 도입이 어려운 실내공간에 태양광을 도입할 수 있는 자연에너지 활용장치이다. 본 연구는 주거건물에 시스템을 설치하여 실제 적용하였을 경우 시스템의 성능을 평가하였다.

채광시스템의 설치로 인한 실내 주광조도비는 평균 80~1,400%정도 증가하는 것으로 나타났으며, 창면부에 비해 실의 후면부가 2배 이상 증가한 것으로 나타나 채광학적으로 매우 성능이 큰 것으로 나타났다.

본 연구에서 실험한 반사거울형 태양광 채광시스템은 주거건물에서의 적용이 용이하고 높은 채광성능을 제공할 수 있어 실내 빛환경 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 시간대별, 실내 태양광 조사부 위치별 등에 대한 채광성능과 각 실내표면의 밝기에 대한 채광성능평가 등 시스템의 성능향상에 관한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

후 기

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호M1-0300-00-0258)의 지원에 의한 연구결과의 일부임.

참 고 문 헌

[1] Joel Loveland, "Daylighting", Lighting &Interior, 2001
[2] 김정태, 정유근, 강용혁, 임상훈, "반사거울형 태양광 채광시스템의 개발에 관한 연구"
[3] 황민구, "반사거울형 태양광채광시스템의 개발 및 채광성능평가에 관한 연구", 경희대학교 박사학위논문, 2003.2
[4] 이경희, "건축환경계획", 문운당, pp333, 2003