

축소모형을 이용한 분할형 유리 투과체 창호시스템의 채광성능실험

Scale Model Experiment on Daylighting of Differentiated Glazing System

정 인 영* 김 정 태**
Jeong, In Young Kim, Jeong Tai

Abstract

Daylight is a critical factor in architecture, as it helps enhance the working efficiency and pleasantness of the people working inside, in addition to reduce the power consumption in heating and cooling and make the interior space brighter. There are many kinds of glazing and daylighting systems. At present, research and efforts for their development are carried out, alongside quantitative evaluation. This study aims to present basic materials to be used to design proper glazing and daylighting systems in architecture based on a quantitative evaluation by scale models of existing office buildings.

The result of the study can be summarized as follows. 1) As a result of the experiment, it appeared that the ratio of the interior illumination (i.e. at the working table, ceiling and wall) against the outdoor illumination increases at a constant rate, as the transmittance of the glazing goes up. 2) It was found that the SIR(Sunlight Illuminance Ratio) of a separated window system goes up by 20-50% at the rear part than in the case of an ordinary window system.

키워드 : 자연채광, 유리 투과체, 이중분할형 창호, 축소모형, 조도, 시각적 쾌적성

Keywords : Daylight, Glazing system, Differentiated window, Scale model, Illuminance, Visual comfort

1. 서 론

일상의 활동을 실내에서 대부분 보내는 채실자들에게 투과체 시스템을 통한 자연채광은 시간과 기상 정보를 전달하는 역할을 하고 있으며, 실내의 시환경에 동적인 변화를 주어 건축물 디자인 요소로 적용되고 있다. 또한, 자연채광은 실내공간의 쾌적성 및 작업 성능을 향상시키며, 작업자의 건강을 증진시킬 뿐만 아니라 에너지 절약적인 측면에서 시너지 효과를 발휘하고 있다.

그러나 유리 투과체를 외벽으로 한 표면적이 현격하게 증대되어 실내로 유입되는 일사 및 일조량이 증가하게 되었으며 특히, 냉방에너지의 사용이 점점 증가하게 되어 에너지 소비비용이 증가하게 되었다. 이에 에너지 절감을 위하여 다양한 연구가 진행되었으나, 결과적으로 단열강화유리나 코팅 금속막을 사용한 저투과율을 갖는 유리가

개발되어 건축물에 적용되었다. 이러한 유리 투과체를 사용함으로써 실내로 유입되는 채광을 감소시켜 조명에너지의 소비를 증가시키고 있다. 또한, 투과체가 지니고 있는 채광의 역할을 감소시킴으로서 채실자들에게 시각적 쾌적성면에서 불쾌감을 발생시키고 있다는 연구도 보고되고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 기존 사무소 건축물에 적용되고 있는 유리 투과체 및 기존 채광방식과 더불어 채광성능 및 시각적 쾌적성을 증대시킬 수 있는 이중 분할형 채광방식을 디자인하였다. 그리고 축소모형을 통하여 양적인 측면에서 조도를 측정하여 실내환경의 채광성능을 평가함으로써 건축물의 중요한 요소로서 적용할 수 있는 투과체와 채광방식에 대해 건축물 설계시 활용 가능한 기초자료로 제시하고자 한다.

* 경희대학교 대학원 건축공학과 박사과정

** 경희대학교 건축공학과 교수

2. 실험방법론

2.1. 가변 유리투과체의 선정

서로 다른 투과율을 갖는 유리투과체가 실내공간에 미치는 영향을 평가하기 위하여 일반 사무소에 적용되고 있는 유리 투과체의 종류를 조사하였다. 또한, 조사를 통하여 실험을 수행하기 위한 유리 투과체로 투명유리(CL78), 색유리(GN66), 파스텔유리(PTS27), 로이유리(LE58)로 선정하였으며, 선정된 유리 투과체는 6mm의 건조 공기층을 갖는 복층유리 18mm로 제작되었다.

각각의 유리 투과체의 특성은 다음과 같다.

① 투명복층유리(CL78)

모든 유리에 있어서 기본이 되며, 복층유리로 제작됨으로써 단열 및 소음차단에 효과가 있다. 광학적 특성 중 가시광선 투과율이 78%로 가장 높으며 채광성능이 우수하며 외부조망에 있어서 선명감을 줄 수 있다.

② 색복층유리(GN66)

그린계열의 유리와 투명유리사이에 공기층을 두어 복층유리로 제작되며, 색유리는 열선을 흡수하여 여름철에는 태양열을 알맞게 차단시켜주고, 겨울철에는 유리자체의 온도가 높아져 실내온도를 보온하는 특징이 있다. 가시광선 투과율이 66%이며, 프라이버시를 보호하고, 자외선 투과를 차단하여 실내가구의 변색을 방지하는 기능을 가지고 있다.

③ 파스텔복층유리(PTS27)

외부에 파스텔유리를 사용하고 내부에 투명유리를 사용한 유리로 저 반사 복층유리이다. 태양열에너지를 반사하여 냉방부하를 줄여줌과 동시에 가시광선을 약 15-35% 반사시켜 건물의 외관을 개성있게 연출할 수 있다.

④ 로이복층유리(LE58)

특수 금속막을 코팅하여 단열성능을 극대화시킨 고 단열 복층유리이다. 특수 금속막은 가시광선을 투과시켜 일반 복층과 거의 동일 수준의 투과성을 유지하면서 적외선을 반사시키는 성질 때문에 여름철에 태양에너지를 여과시키고, 겨울철에는 난방열의 방출을 방지함으로 에너지를 절약할 수 있다.

각각의 유리 투과체에 따른 투과율과 반사율의 광학적 특성은 표 1과 같다. 유리 투과체의 형상은 사무소의 창호형상(4.8m×1.8m)을 1/10으로 축소하여 제작하였으며, 창틀의 두께도 실제 사용되고 있는 창틀의 기본 두께를 1/10으로 축소하여 흰색의 시트지로 부착하였으며, 채광부분과 조망부분으로 분할하여 창호를 구성하였다.

표 1. 유리 투과체의 종류 및 특성

유리 투과체의 종류	모델명	두께 (mm)	광학적 특성				색
			가시광선		태양 복사열		
			투과율 (%)	반사율 (%)	투과율 (%)	반사율 (%)	
투명유리	CL	18	78	14	63	12	투명
색유리	GN	18	66	11	41	8	녹색
파스텔유리	PTS	18	27	16	19	15	열은색
로이유리	GN+LE	18	58	10	29	11	녹색

본 논문에서는 분할된 창호에 동일한 투과율을 갖도록 한 투과체 구성을 일반형이라 명하였으며, 채광과 조망을 위해 창을 분리하여 채광의 효과를 높이기 위한 상부에는 투명유리를 하부에는 눈부심을 조절하기 위한 기능성유리로 구성된 것을 이중 분할형이라 명하였다. 투과체 구성에 따른 연구대상은 그림 1과 같다.

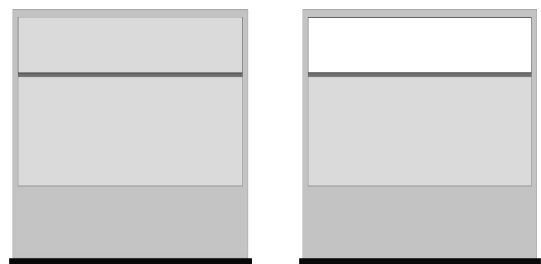


그림 1. 연구대상의 투과체 구성 유형

2.2. 축소모형의 제작

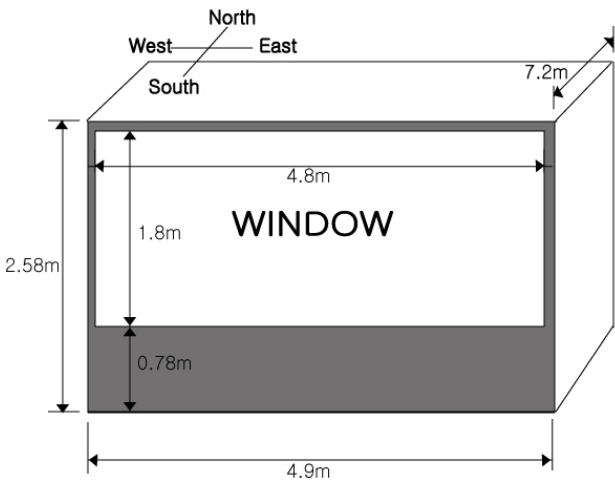
유리 투과체로 구성된 실내공간의 채광성능평가를 위하여 평가모델은 일반 사무실의 형상(4.9m×7.2m×2.6m)을 대상으로 선정하였다. 이를 기초로 축소모형을 1/10으로 제작하였으며, 모형은 동일한 영역에 두 개의 실(기준실과 실험실)로 구성하였다. 실험을 하기 위한 모형의 위치는 채광에 방해건물이 없는 K대학교 공과대학 건물옥상에 일영 곡선도를 이용하여 남향으로 설치하였다.

각 실의 남측에는 실제 사무실에서 적용되고 있는 창호의 형상(4.8m×1.8m)을 축소하여 측창을 설치하여 자연광이 유입되도록 하였다. 창은 조망창과 채광창으로 분리되었으며, 바닥위 창대높이는 실제 시공상 적용되고 있는 높이 0.78m를 1/10으로 축소하여 축소모형에 적용하였다. 평가모델의 기본형상은 그림 2(a)와 같으며, 평가모델의 실 구성 및 평면도는 그림 2(b)와 같다.

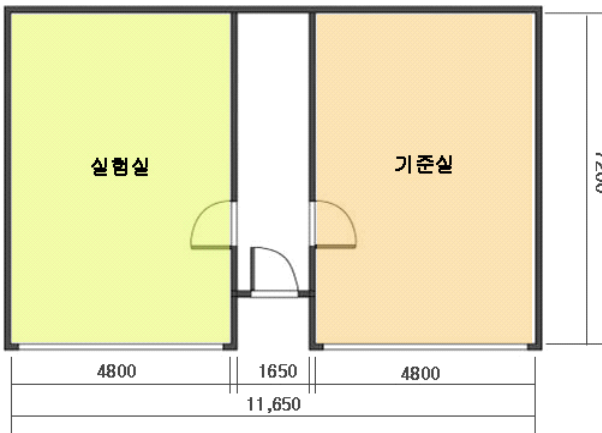
제작된 모형은 높이가 400-700mm범위를 조절할 수

있는 모형받침대위에 설치하였다. 실내마감은 일반 사무실에 적용된 마감재를 사용하였으며, 이를 바탕으로 기준실과 실험실 모두 밝은 색의 표면을 갖는 마감재를 사용하였다. 벽은 아이вори색으로 도색하였으며, 바닥은 연갈색의 아스타일을 사용하였고, 천정은 텍스로 마감하였다.

각각의 마감재에 대한 반사율은 색채색차계를 이용하여 측정하였으며, 벽의 반사율은 68%, 바닥 반사율이 51%, 천정은 반사율이 87%로 측정되었다. 실내공간에는 가구를 배치하지 않았다.



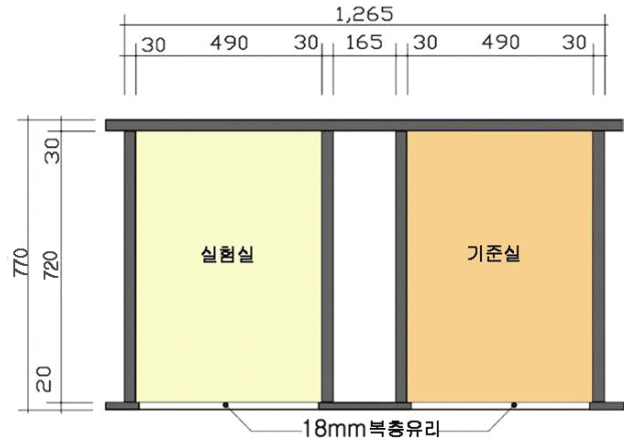
(a) 평가모델의 형상



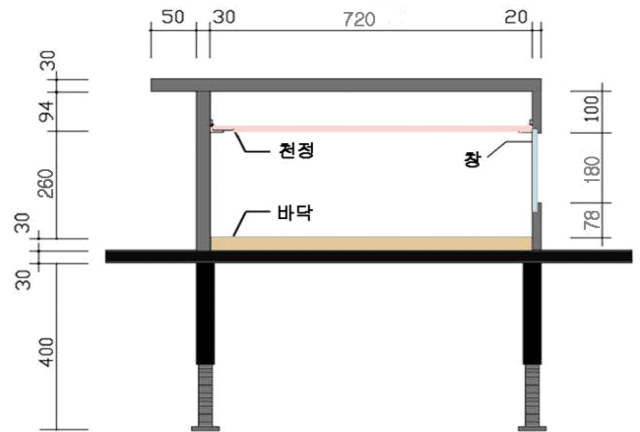
(b) 평가모델의 실구성 및 평면도

그림 2. 평가모델의 선정

선정된 평가모델을 바탕으로 1:10축척의 모형을 제작하였다. 제작을 위한 평면도와 단면도는 그림 3(a), 그림 3(b)와 같으며, 제작된 축소모형은 그림 4와 같다.



(a) 축소모형의 평면도



(b) 축소모형의 단면도

그림 3. 축소모형의 평면 및 단면도



그림 4. 평가모델의 형상과 축소모형의 형상

2.3. 모니터링 시스템

축소모형을 이용한 채광성능평가를 위하여 IEA의 모니터링시스템을 적용하여 측정시스템과 데이터취득시스템으로 그림 5와 같이 구성되었다. 측정시스템은 Li-cors사의 실내외조도센서, mA를 mV로 전환해주는 Millivolt adaptor로 구성되었다. 또한, 데이터취득시스템은 Agilent사의 단자채널, 데이터로거 그리고 PC로 구성되어 있으며, Agilent 4.1프로그램을 사용하여 센서와 데이터로거를 제어하였다.

측정시스템을 구성하는 LI 210SA조도센서는 실내외조도를 측정할 수 있도록 측정범위가 0-150,000lux이며, 데이터로거 Hp34970A는 16개의 센서를 연결할 수 있는 단자채널을 3개 가지고 있어 다측정이 동시에 수행될 수 있다. 또한, 측정간격을 제어할 수 있고, 실시간으로 데이터의 변화를 볼 수 있다.

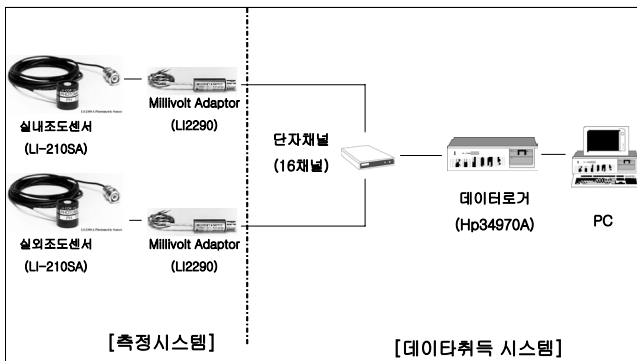


그림 5. 모니터링 시스템의 구성도



사진 1. 모니터링 시스템

2.4. 측정점의 선정

채광성능평가를 위한 측정점의 선정은 IEA SHC Task21의 연구결과에 따라 제시된 모니터링 프로토콜을

적용하여 물리량(실내조도, 실외조도)을 측정하였다. 실내조도측정은 창의 수직중심선에서 작업면 높이를 0.85m로 하여 조도를 측정하였다.

측정점은 창으로부터 0.5m간격으로, 중앙부와 후면부는 1m간격으로 측정위치를 선정하였으며, 실험실(8점)과 기준실(8점)을 외부수평면조도와 수직면조도를 동시에 측정하였고, 측정점의 평면상 위치도는 그림 6과 같다.

채광성능평가를 정교하게 하기위하여 IEA에서 권장하는 벽면과 천정면에 대한 조도를 측정하였다. 측정점은 다음과 같이 선정하였다. 거주자의 앉은 때의 눈높이와 거의 같고, 서면 주위가 잘 보이는 눈높이 1.2m에서 양측 벽에 창으로부터 1.5m, 3.0m, 6.0m지점에 측정점을 선정하여 셀을 설치하였다.

또한, 벽면과 동일한 거리 즉, 창으로부터 1.5m, 3.0m, 6.0m의 천장면에 셀을 설치하여 조도를 측정하였으며 측정점의 단면상의 위치도는 그림 4와 같다. 조도센서를 작업면, 천정면, 벽면에 설치시 모형 후면부의 사진촬영을 할 수 있는 구멍을 통하여 촬영한 실험실과 기준실의 모습은 사진 2 및 사진 3과 같다.

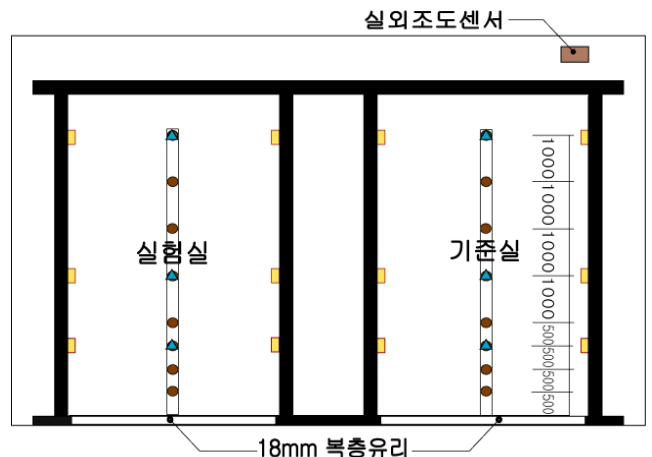


그림 6. 측정점의 위치도(평면)

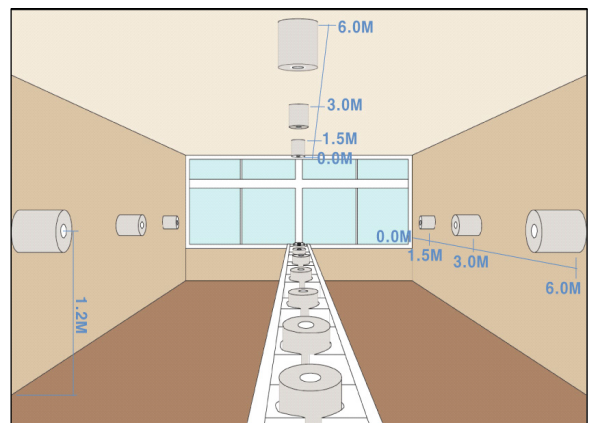


그림 7. 측정점의 위치도(단면)



사진 2. 셀 설치시 기준실의 모습



사진 3. 셀 설치시 실험실의 모습

3. 채광유형에 따른 채광성능평가

3.1. 실험현황

실험은 2004년 9월 24일 오후 1시 15분부터 1시 41분까지 방해건물이 없는 K대학교 공과대학 옥상에서 측정이 이루어 졌다. 기상상태는 구름이 없고 외부조도가 80,000lx 이상인 청천공 상태에서 수행되었다. 각각의 유리 투과체에 대해 10초 간격으로 측정하여 2분간 실내의 작업면, 벽면, 천정면에 대한 조도를 측정하였다. 이와 동시에 기준실과 실험실위에 조도센서를 설치하여 외부수평면조도를 측정하였으며, 평균값을 구하여 사용하였다.

측정에 앞서 측정에 사용될 센서값의 오차를 알아보기 위하여 조도측정에 사용된 조도센서(LI-210SA)와 Topcon IM-5조도계와 조도값을 비교해본 결과 3%이내의 오차를 갖는 것으로 확인되었다. 이에 따라 본 연구에서 구성된 모니터링시스템의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

측정값은 2분간 측정된 값의 평균값을 구하고, 외부조도에 대한 내부조도의 비율을 산정하여 평가하였으며, 투과체 구성에 따른 창호유형에 대해 투과율을 변화시킬 경우 채광성능평가를 분석하였다.

3.2. 작업면에 채광유형이 미치는 영향

(1) 일반형

채광창과 조망창이 단일 투과체로 구성된 일반형의 작업면 조도에 대해 창으로부터 이격거리에 따라 측정된 결과는 그림 8과 같다. 빛의 채광학적 특성이 유리 투과체의 투과 능력에 따라 투과율이 2배, 3배 증가할수록 외부조도에 대한 내부조도의 비율이 일정하게 증가하는 것으로 나타났다. 창으로부터 0.5m인 측정점의 주광조도비의 분포는 측정시간에 따른 태양의 위치와 창틀에 의한 영향으로 판단된다.

(2) 이중 분할형

많은 양의 채광확보를 위하여 채광창에는 투명유리를 사용하고, 조망창에는 서로 다른 투과성을 가지는 유리 투과체를 사용한 이중분할형의 측정결과, 그림 9와 같이 창에 근접한 실의 전면부 중 1m인 측정점에서는 투과율이 낮을수록 높은 주광조도비가 나타났으며, 창으로부터 0.5m인 측정점, 실의 중간부와 후면부에서는 투과율이 증가할수록 높은 주광 조도비를 나타내었다. 이는 채광창에 사용된 투명유리의 높은 투과성능이 창으로부터 거리가 1m인 측정점에 큰 영향을 준 것으로 사료된다.

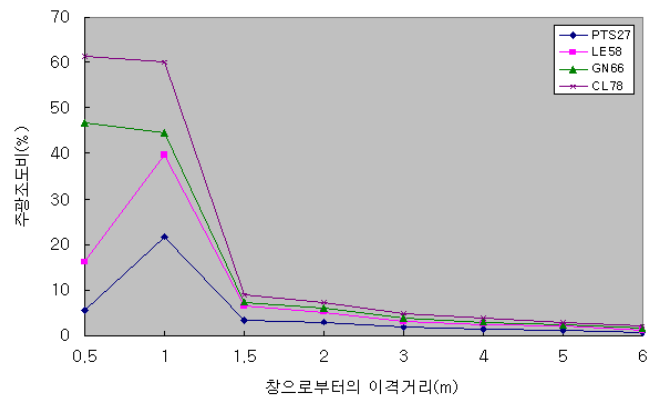


그림 8. 유리 투과체에 따른 일반형의 주광조도분포

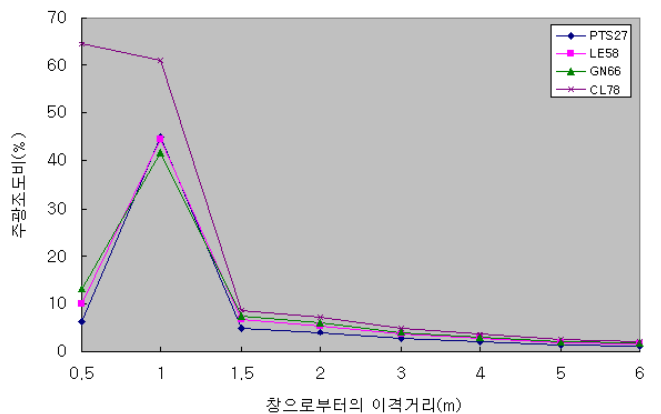


그림 9. 투과체에 따른 이중분할형의 주광조도분포

(3) 일반형 대비 이중분할형의 채광성능평가

일반형 대비 이중분할형의 증감율은 그림 10과 같이 나타났고, 채광창의 기여도를 분석한 결과, 실 후면부에서 10~50%이상의 증감율을 나타내었다. 또한, 투과율이 2배, 3배 증가할수록 이중분할형의 채광창의 채광성능은 50%씩 감소하는 것으로 나타나 이중분할형의 채광학적 기여가 투과율이 낮은 저 투과체 적용시 효과적임을 나타내고 있다.

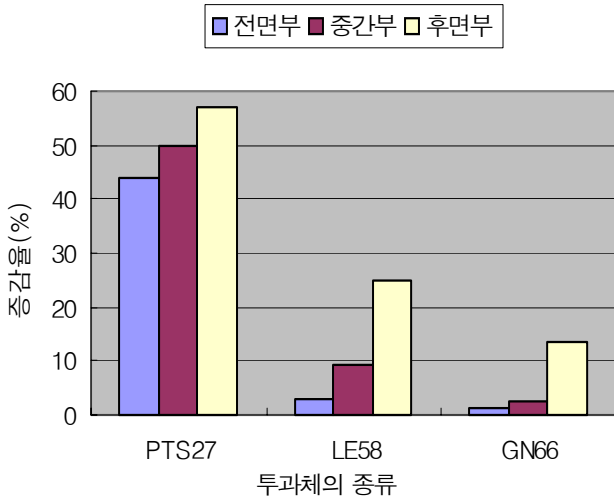


그림 10. 일반형 대비 이중분할형의 증감율

3.3 천정면에 채광유형이 미치는 영향

(1) 일반형

채광창과 조망창이 단일 투과체로 구성된 일반형의 천정면 조도를 측정된 결과는 그림 11과 같다. 투과율이 증가할수록 유리 투과체의 투과성능에 따라 창면부, 중간부, 후면부 모두 주광조도비가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 창으로부터의 이격거리에 따라 조도비는 감소하는 것으로 나타났으며, 창면부와 후면부의 조도비의 차는 투과율이 증가할수록 3~4배정도로 나타났다.

(2) 이중 분할형

채광창에는 투명유리를 사용하여 채광성능을 향상시키고, 조망창에는 투과율이 낮은 투과체를 사용하여 눈부심을 감소시킬 수 있는 이중분할형의 천정면의 측정결과는 그림 12와 같다. 일반형과 유사한 투과체의 투과율이 증가할수록 높은 조도비 분포를 나타냈으며, 저 투과체의 경우 일반형에 비해 실 후면부의 조도비가 40% 이상 증가하는 것으로 나타났다.

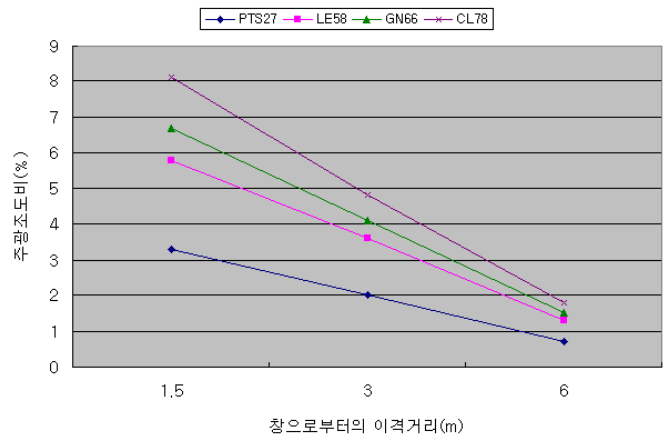


그림 11. 일반형의 천정면 조도분포

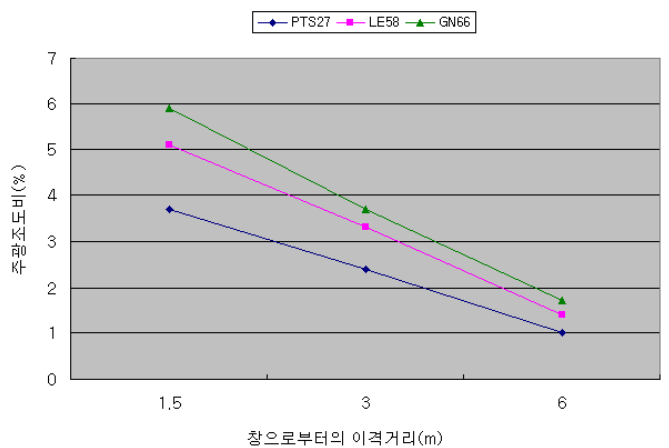


그림 12. 이중분할형의 천정면 조도분포

(3) 일반형 대비 이중분할형의 증감율

일반형 대비 이중분할형의 증감율을 그림 13과 같이 나타냈으며, 그 결과 채광창의 채광성능으로 인하여 실 후면부의 조도비가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 실 후면부의 채광성능을 높이기 위한 2차광원 역할의 잠재력을 보유하고 있다고 사료된다.

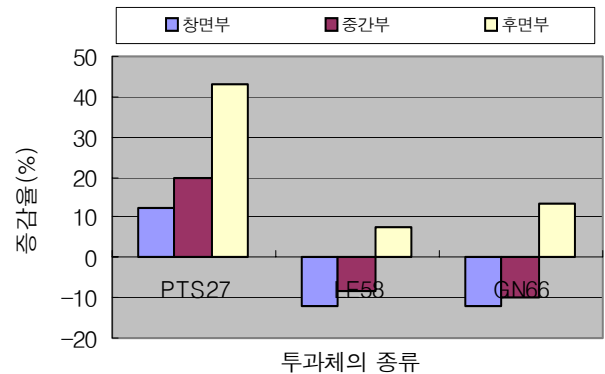


그림 13. 일반형 대비 이중분할형의 증감율

3.4 벽면에 채광유형이 미치는 영향

(1) 일반형

채광창과 조망창이 단판으로 구성된 일반형의 경우 투과율이 증가할수록 벽면의 주광조도비가 모든 측정점에서 일정하게 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 유리 투과체가 갖고 있는 투과특성에 의한 것으로 판단되며, 창으로부터 1.5m 좌측벽의 주광조도비가 높게 나타난 것은 측정시간에 따른 것으로 사료된다.

(2) 이중 분할형

채광창에는 투과율이 높은 투명유리를 적용하고, 조망창에는 서로 다른 투과체를 적용하여 평가한 결과, 일반형과 동일한 유형의 주광조도분포를 나타냈다. 이것은 이중분할형의 경우 투과율변화에 따라 벽면에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

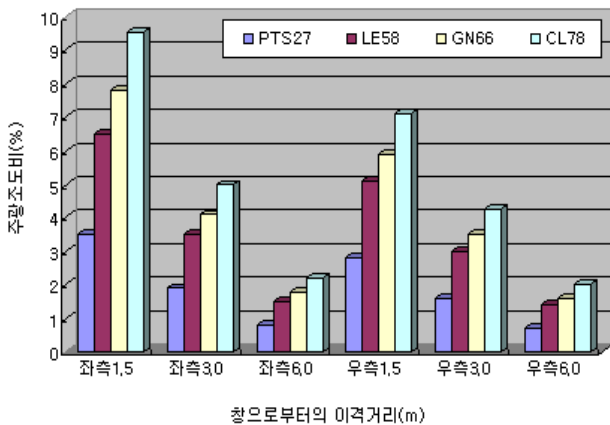


그림 14. 투과체에 따른 일반형의 주광조도분포

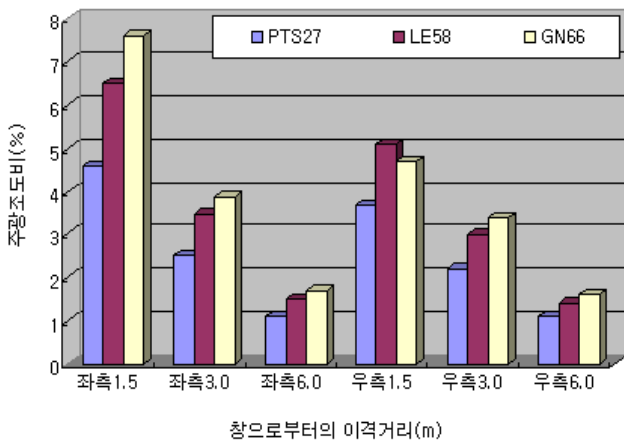


그림 15. 투과체에 따른 이중분할형의 주광조도분포

(3) 일반형 대비 이중분할형의 증감율

친정면에서의 조도비 분포와 유사하게 투과율이 증가할수록 주광 조도비는 증가하였으며, 창으로부터의 이격거리가 증가할수록 조도비는 감소하는 것으로 나타났다. 측정시간에 따른 태양위치의 변화로 인하여 우측벽보다는 좌측벽의 주광조도비가 높게 나타났다. 일반형 대비 이중분할형의 증감율을 분석한 결과, 채광창의 채광성능은 벽면에 투과율이 낮은 투과체에 대해서만 영향을 미치는 것으로 나타났다.

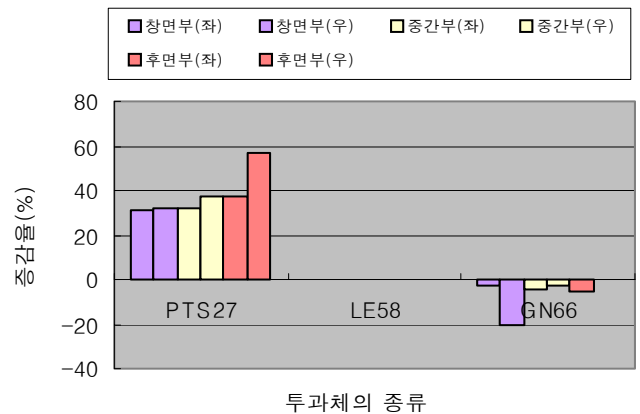


그림 16. 벽면의 일반형 대비 이중분할형의 증감율

5. 결론

유리 건축물의 증가로 인한 건축물에서의 유리 투과체의 역할은 자연채광을 유입할 수 있는 중요한 매개체로서 채광학적 효과에 대한 채광성능평가의 필요성을 제기하고 있다.

이에 본 연구는 사무소 건축물에 적용되고 있는 유리 투과체를 선정하고 축소모형실험을 통하여 IEA 모니터링 프로토콜을 적용하여 채광성능평가를 수행하였다.

또한, 일반 창호에 저 투과체를 사용함으로써 발생하는 채광성능의 저하에 대해 채광창이 도입된 분할형 창호를 제시하고 채광성능평가를 수행하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

사무소 건축물에 적용되고 있는 창호 즉, 채광창과 조망창이 단일 투과체로 구성된 일반형의 경우, 유리 투과체가 갖는 투과특성에 따라 외부조도에 대한 내부조도비율은 투과율이 증가할수록 일정하게 증가하는 것으로 나타났다.

저 투과체를 사용함으로써 나타나는 채광성능의 저하를 높이기 위해 채광창에는 투명유리를 조망창에는 투과율이 다른 유리를 적용한 분할형 창호는 일반형에 비해 채광학적 기여가 높은 것으로 나타났다.

이중분할형의 경우 천정면의 주광조도비가 향상되어 실내의 천정면은 2차광원으로서의 가능성이 제시되었다. 또한, 작업면과 천정면의 조도비 향상으로 창이 갖는 채광과 조망의 모든 측면에서 재실자에게 쾌적성과 시환경의 질 향상을 증대시킬 것으로 사료된다.

따라서 현재 유리 건축물에 많이 사용되고 있는 저 투과체에 채광창이 적용된 분할형을 적용할 경우 채광학적으로 많은 효과가 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 M1-0318-00-0272)의 지원에 의해서 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김정태, 정유근, 정인영, 황민구, "자연채광 성능평가에 있어서 축소모형실험 방법론의 유용성검증에 관한 연구", 한국태양에너지학회논문집, Vol.22, No.2,2002
2. IEA, Daylighting in Buildings, IEA SHC Task21, p 8.44-8.48, 1998
3. M.David Egan, "Concepts in Architectural Lighting" McGraw-Hill, 1983
4. Stephen E. Selkowitz, "High Performance Glazing Systems: Architectural Opportunities for the 21st Century" LBNL, 1999
5. Stephen E. Selkowitz, "Tips for Daylighting with Windows", LBNL, 1997