

이중외피 창호특성에 따른 계절별 실내 주광환경 평가

Evaluation of Seasonal Daylighting Performance according to Window Compositions of Double Skin Facades

Author 임태섭 Lim, Tae-Sub / 정회원, 연세대학교 연구교수, 공학박사
강승모 Kang Seung-Mo / 정회원, 한세대학교 공간환경디자인학과 교수

Abstract Double skin façade is known that several features affected the building energy and daylighting performance. That is why the envelope is able to consist of all architectural materials such as glass, aluminum, wood and insulation for vision of residents and workers in buildings. Its specifications is very diverse according to the building designers and building owners. In recent times, visual environment became a major focus and resulted in the development of cutting edge engineering of diverse glazing systems and shading devices by growing interests of friendly environment. Thus this research has evaluated the fluctuations of interior lighting and atmospheric conditions based on double skin facade systems. Especially in terms of daylighting environment as dependent on solar variations, this research provides quantitative analysis of interior lighting conditions and how it affects the living conditions as well as improve the design of interior spaces.

Keywords 이중외피, 래디언스, 조도의 균제도, 차양장치, 시환경
Double Skin Facade, Desktop Radiance 2.0 Beta, Uniformity Ratio of Illumination, Shading Device, Visual Environment

1. 서론

최근 유리건물(유리를 많이 사용한 건물) 커튼월 형식의 건물이 유형하고 있다.¹⁾ 시대의 변화와 사회적 변화에 따른 유리 건축물의 외벽을 마감에 있어 새로운 기능적 건축의 미관을 추구하고 외적으로 깨끗한 이미지를 얻을 수 있는 디자인이 유형하고 있다.²⁾

따라서 유리건물의 가장 큰 장점으로 실내에서 실외를 조망할 수 있는 개방감 확보와 실외에서 유입되는 직사 일광의 영향으로 인해 조명에너지 및 겨울철 난방에너지 절감할 수 있다. 또한, 건물 외부 존의 유리 외피면적을 증가하게 되면, 조망영역 및 채광영역이 확대되고, 실내 시 환경의 쾌적성을 증진하는데 있어 창으로부터 유입되는 직사 일광과 주광유입 정도에 따라 공간의 주거 쾌적성을 결정할 수 있다. 겨울철에 유입되는 일사의 경우 실내 온도를 높이고 결로 방지가 가능하지만, 여름철의 과도한 주광유입 및 직사 일광은 실내 재실자에게 글레어(Glare)로 인해 시 지각에 불편감을 유발하여 심리적

문제를 발생시킬 수 있으며, 냉방 부하의 발생으로 인해 에너지 소비 증가의 원인이 될 수 있다.³⁾

이러한 문제들로 인해 현재에는 건축물에서의 이중 외피에 대한 중요성 부각되고 있어 이중 외피의 성능평가는 다양한 측면서 즉, 이중외피의 외측 및 내측면의 유리 사양과 이중외피 중공 층의 규모(규격), 등과 이중외피의 운영 시스템별 제어조건 등을 고려하여야 하며, 특히 운영 모드와 관련하여 환기 효과의 평가 등 사전에 성능을 예측하여 평가하기 어려운 사항들이 많다.⁴⁾ 하지만 이중외피 계획 시 사전평가 및 제어방법 등을 통해 향후 성능평가 및 분석에 있어 다양한 솔루션을 제공

- 1) 김창성 외 1명, Radiance 프로그램을 이용한 미술관 전시공간의 주거 환경 디자인 평가, 한국실내디자인학회 논문집 v.18 n.6(통권 77호)(2009-12) pp.77-84
- 2) 강주연 외 1명, 국내 친환경 업무용 건축물의 디자인에 대한 비교 연구, 한국실내디자인학회 논문집 2014.6. v.23 n.3(통권104호) pp.153-163
- 3) 임오연 외 1명, 천공상태에 따른 오피스 창호의 적정 투과율 선정, 한국실내디자인학회 논문집 38호(2003.6) pp.225-232
- 4) 정환교 외 4명, 업무용 건물의 이중외피 성능평가를 위한 해석기법의 고찰, 한국에너지공학회 논문집 제21호, 2012.6, pp.168-178

하리라 판단된다.

본 연구에서는 이중외피 시스템을 통해 실내로 유입되는 채광 환경에서의 변화되는 주광에 대응하여 실내 시환경의 쾌적성을 도모하는 측면에서 연구가 이루어졌다. 즉, 채광의 관점에서 절기변화와 창호구성 특성에 따라 정량적인 자연채광량을 산출하였고, 이를 통해 이중외피의 쾌적한 실내의 시 환경을 개선하는데 본 연구의 목적에 있다.

2. 이론적 배경

2.1. 선행연구의 고찰

건물의 외피(envelope)를 구성하는 요소 중 유리의 경우 열손실(heat loss)이 가장 많은 부위로써, 열관류율(Thermal transmittance, U-Value)이 가장 높아 많은 열이 창유리를 통해 손실되고 있다. 최근에 에너지 문제가 이슈화되면서 다양한 형태의 유리 종류 및 공학적 첨단 기술이 발전하고 있는 상태이며, 현재에는 유리와 관련하여 다양한 연구가 진행되고 있는 바, 주로 열 환경적인 측면에서 냉·난방부하를 절감할 수 있는 방법들의 고찰이 대부분이다.⁵⁾ 기존의 선행연구 논문(6)7)8)9)에서 건축 환경적 측면의 디자인 방식과 자연채광에 대한 창호 및 형태와 디자인에 집약된 연구로 구성되어 있다.

Hammad F의 연구에서 냉·난방 부하 및 조명부하에 대하여 에너지를 소비하고 있는데 전 세계 40%의 에너지를 건물에서 소비하고 있다고 알려져 있다는 점을 강조하면서 오피스 건물의 외피에 차양장치를 설치하여 에너지 절약을 할 수 있는 방법을 제시하였다. I.A.P. Marrero는 루버형 차양장치에 대한 연구를 진행하면서 재실자의 쾌적성과 차양장치의 상관성에 대하여 조사하였다. 또한 M. Bessoudo는 겨울철 각기 다른 형상의 차양장치를 창호에 설치하여 실내 열적 환경 평가를 실험하였다. 그의 연구에서 특히 본 연구의 주제와 동일한 변수를 가지고 있는 유리 종류, 차양장치를 다루었는데 차양의 온도 변화, 냉·난방 장치의 운용시간등을 결과 값으로 제시하고, 결론으로 베네치안 블라인드와 롤러 셰이드

의 사용방법론을 제시하였다. M.A.Shameri의 연구에서는 12가지의 이중외피 디자인 종류와 기후대에 따라 실내 조도를 시뮬레이션 분석하였는데, 변수의 75%가 담천공 상태에서 200lux를 충족시키지 못한다고 분석하였다.¹⁰⁾

그러나 디자인의 변화 및 우리나라와 같은 중위도에서 가장 긍정적인 결과를 얻을 수 있음을 보고하였다. YANG Hua는 EnergyPlus를 이용하여 이중외피의 자연채광과 에너지 성능을 중공층의 변화 및 이중외피의 높이에 따라 비교분석하고, 조명에너지 소비량과의 관계성이 있음을 제시하였다.¹¹⁾

본 연구의 선행연구 결과 블라인드의 슬랫각도 변화를 통한 빛환경 결과를 제시하였으나, 세부적인 주제를 다루었을 뿐 빛환경의 질적 성능을 분석하는데 다소 부족한 결론을 제시하였다. 결국 선행연구조사 결과 외피와 차양장치의 열적 특성에대한 결과를 제시한 논문은 많았으나, 빛환경적 접근이 상대적으로 비약하였다. 특히 실내 환경에서의 빛 환경 대한 연구 논문이 많이 부족한 것으로 조사되었다. 따라서 본 논문에서 디자인 및 설계 기초 단계에서 효율적으로 적용 할 수 있는 주광분석방법인 Desktop Radiance 2.0 Beta 프로그램을 사용하여, 설계에 현실적 도움을 줄 수 있는 데이터 수집 및 분석이 필요하다. 따라서 대표적으로 분석대상에 포함될 수 있는 유리의 종류와 계절, 천공상태, 차양장치의 특성이 건물에 미치는 영향에 대하여 분석할 필요가 있다.

2.2. 유리의 특성 및 종류

유리는 구성성분이나 생산 기술에 따라 다양한 특성을 나타낼 수 있으며, 조절이 가능하다. 특히 유리는 화학적, 광학적, 열적 특성 등 여러 가지 특성들이 결합되어 나타나기 때문에 이 특성들의 조합이 매우 중요하다.

유리는 부식에 강하고 투과율이 있는 재료이기 때문에 건물에 절대적인 구성요소로 자리매김하고 있다. 그러나 콘크리트나 단열재보다 열관류율이 높기 때문에 열적으로 취약하다. 그러나 부식에 강하고 오랜 기간 외부환경에 노출되어도 다른 재료에 비하여 견고함을 유지할 수 있다. 또한 본 연구에서 가장 중요한 특징인 투과율을 가지는 유리재료는 구성성분이나 생산 기술에 따라 다양한 특성을 보일 수 있고 그 특성들을 조절할 수 있다.

유리에 빛이 닿으면 빛 일부는 유리 표면에서 반사되고 일부는 유리를 통과하며 일부는 유리에 흡수되고 유리 표면에서 반사된 빛의 양을 비율로 나타낸 것이 반사율, 유리가 흡수한 빛의 양을 비율로 나타낸 것이 흡수

5) 박종명의 4명, 에너지절약형 이중외피 창호의 기본채광 성능, 한국태양에너지학회 학술발표 논문집 2008.4, pp.117-122

6) Hammad F, Abu-Hijeh B. The energy savings potential of using dynamic external louvers in an office building. Energy and Buildings 2010. 42, pp.1888-1895

7) Palmero A.C, Armando O.C. Effect of louver shading devices on building energy requirements. Building and Environment 2007. 42. pp.784-793

8) M. Bessoudo, A. Tzempelikos, A.K. Athienitis, R. Zmeureanu, Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices - Part I: Experiments and building thermal model, Building and Environment 45. 2010. pp.2506-2516

9) 임태섭 외 3명, 베네치안 블라인드 슬랫각도 형태변화에 따른 주광 성능에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집 2013. Vol.13 No.5, pp.59-66

10) SHAMERI, M. A., et al. Daylighting characteristics of existing double-skin façade office buildings. Energy and Buildings 2013, 59. pp.279-286

11) YANG, Hua, et al. The Impact of Double Skin Facade on Building Energy Consumption in Daylighting Control Mode. In: Applied Mechanics and Materials 2013. pp.3105-3108

을, 유리를 통과한 빛의 양을 비율로 나타낸 것이 투과율이다. 유리의 투과율은 유리에 입사된 열복사 에너지의 투과한 에너지의 양의 비율을 투과율이라고 한다. 또한 표준유리의 투과율은 입사각 0일 때 0.86 이면, 반사율이 0.08, 흡수율이 0.06되는 것으로 조사했다.

일반적으로 색이 없는 3mm표준유리(맑은 유리로 불린다)를 각종 투과 체의 특성을 비교하는데 사용된다. 또한 차폐계수에서 햇빛이 유리 표면에 전달되는 열량을 계산할 때 사용되는 계수이며, 맑은유리(T:3mm)의 태양 에너지 유입량을 기준 1.0으로 하였을 때, 같은 조건일 때의 비교 유리의 에너지유입량의 상대 값을 말한다. 열관류율은 내외의 온도차를 1℃로 할 경우 면적 1㎡당 1시간에 열량이 전달되는 비율 말한다. 이렇게 열관류율은 재료의 단열성을 확인할 때 많이 사용되며, 낮을수록 단열성이 좋은 것이다.

현재의 유리의 종류는 많은 기술개발에 따라 여러 가지 형태로 구분할 수 있다. 일반적으로 유리의 종류는 건축에서 잘 사용되지 않은 무늬 유리, 병유리, 발열유리, 조광유리, 코팅유리, 유리필름부터 건축용 유리, 스펀드릴 유리, 외부충격에 견딜 수 있는 강화 유리 이외에도 많은 유리가 개발되고 있다. 특히 로이유리(로이유리 missivity)는 건축 열 환경 보안을 위하여 가장 널리 알려진 유리로서 저탄소 녹색성장의 캠페인에 발맞추어, 로이 로이유리의 사용이 크게 증대 되고 있다. 본 연구에 사용된 컬러유리는 건물의 외부 디자인적 효과를 높이거나 개인의 프라이버시 보호를 위하여 사용하는 경우가 많다.

2.3. 이중외피시스템(Double Skin Facade)의 특징

이중외피시스템은 기존에 단열 외벽에 유리외벽을 덧붙여 구성된 이중 벽체구조로써, 실내외사이의 공간(Cavity)을 통해 효율적인 열성은 향상은 물론 외부의 환경변화에 적극적으로 대응할 수 있는 환기성능을 유지할 수 있다. 특히 여름철에는 각 층간의 중공 층을 통해 공기의 순환을 도모할 수 있으며, 겨울철에는 외부에서 유입되는 냉기를 예열시켜 난방부하를 감소할 수 있다.¹²⁾¹³⁾

<표 1>에서는 이중외피시스템의 특징에 대해 나타내고 있으며, 아래의 6가지 항목으로 구분 할 수 있다.

<표 1> 각 항목별 이중외피시스템의 특징

구분		특성
1	자연환기	• 이중외피에 의한 외부 자연환경의 영향으로부터 보호되어 창문개폐가 자유로워 자연환기가 가능하게 함으로써, 상시 신선한 공기를 제공
2	에너지 절약	• 겨울철 열적 버퍼의 형성을 통한 난방부하 절감 • 여름철 중공 층을 통해 데워진 공기를 환기하여 냉방부하 감소 • 낮 동안 축열된 열을 밤 동안 자연환기로 배출되어 아침의 냉방부하 감소
3	건물자재 및 디자인	• 이중외피가 외기로부터 보호함으로써, 건축자재의 내구연한을 증대 • 중공층 내의 블라인드 설치 시 기능과 유지보수 측면에서 우수
4	차양장치	• 일정너비 중공층에 의한 하절기 태양의 직접적인 일사 감소
5	비용 및 유지보수	• 이중외피로 인한 건축공사비 증가 • 냉·난방부하 감소로 인해 공조설비 비용의 축소가 가능하고 유지보수비 절감 • 자연채광 감소로 인한 실내조명시간 증가 (투명유리 사용 및 고 반사 재료 사용을 통해 보완)
6	건물가치	• 이중외피 주재료(철, 유리) 사용으로 인한 하이테크 입면 구성가능

3. 연구방법

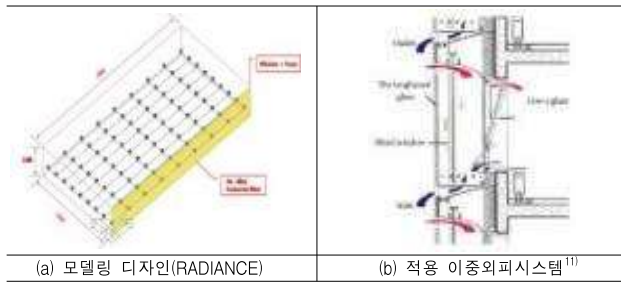
평가모델은 채광시뮬레이션 프로그램인 래디언스(Radiance)을 이용하여 모델링을 하였으며, 평가 모델의 조건과 디자인에 대해 <표 2>와 <표 3>에 나타내었다.

실내공간의 디자인을 계획 설계함에 있어 창호의 형태와 이중외피시스템을 적용하여 분석하였다. 이유인 즉 단일외피시스템에 비해 이중외피시스템은 주광성능은 떨어지지만, 에너지 절약측면에서 우수하기 때문에 이 점을 고려하여 디자인을 설계하였다.

평가모델은 일반 오피스 공간을 대상으로 선정하여 30,000mm(W) × 15,000mm(D) × 3,600m(H)로 모델링하였다. 또한 시뮬레이션을 위해 측정 위치는 서울기준 위도 37.5° 경도 127° 기준으로 계절 별 시각으로 3월의 춘분과 6월의 하지, 12월의 동지에 정오를 기준으로 분석하였다. 청공상태는 청천공, 부분 담천공, 담천공 3가지 상태로 설정하여 분석하였다. 천공상태의 특징은 태양의 직접 영향을 고려하지 않은 담천공, 우리나라에서 가장 많은 확률을 보이는 부분 담천공, 태양의 직접영향이 고려되는 청천공으로 분류된다. 담천공 조건보다는 청천공 조건일 때 높은 채광성능을 나타내는데, 청천공(clear sky)의 천정과 수평면의 휘도비는 대략 1:10이고, 담천공일 때 휘도비는 약 1:3 이다. 또한 중간천공(intermediate sky)은 청천공 보다는 구름이 끼고, 태양의 밝기가 청천공보다 약한 천공상태이다.

12) Hwan-Kyo Jung et al, A study on analysis method for performance evaluation of double-leaf facade of office building. Journal of Energy Engineering, vol.21 no.2, 2012.6, pp.168-178
13) Huifen et al, Mathematical Modeling of Double-Skin Facade in Northern Area of China, Mathematical Problems in Engineering, 2013.1

<표 2> 모델링 및 이중외피시스템의 개요



<표 3> 평가모델의 시뮬레이션 조건

시뮬레이션 내부조건	모델 사이즈	30,000mm(W) × 15,000mm(D) × 3,600m(H) 중공층 길이 1,200mm, 각 유리의 두께: 3mm		
	방향	정남향		
	기상조건	CIE Clear sky, Intermediate, Overcast		
	투과율	유리 종류	맑은 유리	88%
			컬러 유리	60.7%
			로이 유리	52%
	측정 위치	Seoul (위도:37.5°, 경도:-127°, 타임 존: -135°)		
Ambient bounce	2	Turbidity	2	

시뮬레이션 외부조건	반사율	바닥		50.4%		
		천장		80%		
		벽		52%		
		블라인드		70.07%		
	측정 시간	계절		월	시간	진태양시 12시
		춘분		03.21		
		하지		06.21		
		동지		12.21		
	외부 조도 (Lux)	CIE Clear sky	3/21	64,206		
			6/21	81,062		
			12/21	36,807		
		Intermediate	3/20	20,548		
			6/21	18,271		
			12/21	14,139		
		Overcast	3/21	14,866		
			6/21	18,233		
			12/21	9,269		
차양장치 설치유무		No blind Blind(0°)				

본 연구의 진행순서와 차별성은 다음과 같다.

첫째, 계절변화에 따른 유리 특성별 조도분포와 균제도의 상관관계를 분석하였다.

둘째, 주광조도비 분석을 통하여 유리의 특성에 따른 균제도를 공간의 깊이에 따라 비교분석하였다.

셋째, 계절의 변화에 따른 창문의 투과율 변화와 청공 상태 변화에서 우수한 시각환경 환경조건을 분석하였다.

넷째, 맑은 날(맑은유리 sky) 기준으로 자연채광의 직접적인 영향을 분석하였다.

연구모델의 차양장치의 경우 이중외피의 중공층에 설치되어있고 본 연구가 열적 성능을 분석하기 위한 연구라면 차양장치의 위치가 매우 중요한 변수로 사용되지만 본 논문의 주제가 빛 환경을 분석하기 위한 논문이므로 빛이 투과되는 총량은 위치에 큰 차이를 보이지 않기 때문에 중공층에 삽입하는 것으로 시뮬레이션 되었다.

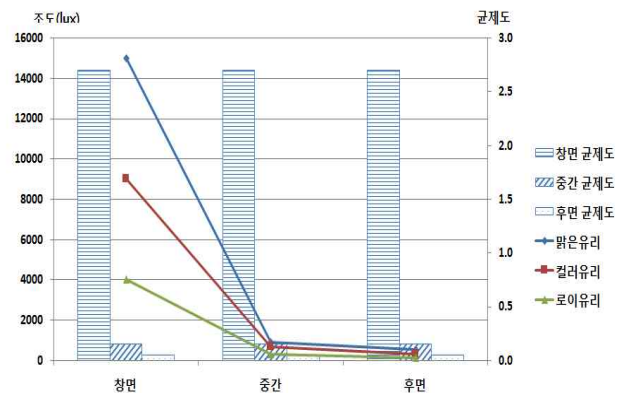
4. 변수별 채광성능 평가

4.1. 유리 특성에 따른 주광성능 분석

계절변화에 따른 창호특성별 조도결과와 균제도는 창면, 중간, 후면으로 구분하여 결과 값을 산출하였다. 또한 균제도의 경우 각 창호 형태에 따라 산출된 조도 값을 기준으로 평균조도 값(Eave)에 대한 최소조도 값(Emin)의 비로 산출하였다. 균제도를 평가함에 있어 JIS 기준(JIS Z 9125)에서 권장하는 오피스나 일반교실 같은 공간(작업 영역의 0.7이상, 작업 근방영역의 0.5이상)의 유지기준으로 하여 분석·평가하였다.¹⁴⁾

따라서 본 절에서는 절기변화에 따른 각 창호 형태별 조도를 분석 결과로 <그림 1>, <그림 2>, <그림 3>,와 같은 형태로 나타내고 있다. 그래프에서의 가로 X축은 창면에서 떨어진 거리에 따라 창면, 중간, 후면으로 나뉘어 졌는데, 창면에서 0.6m 떨어진 거리에서 시작하여 13.8m를 9등분하여 조도계를 설치하여 각 3등분을 창면, 중간, 후면으로 구분하였다. 그림의 그래프에서의 가로 X축의 경우에는 측정위치를 나타내고 있고, 세로 Y축의 좌측은 조도, 우측은 균제도에 대해 나타내고 있다. 특히 사선그래프의 경우 조도값을 나타내고 있으며, 막대그래프의 경우에는 균제도 결과를 보여주고 있다.

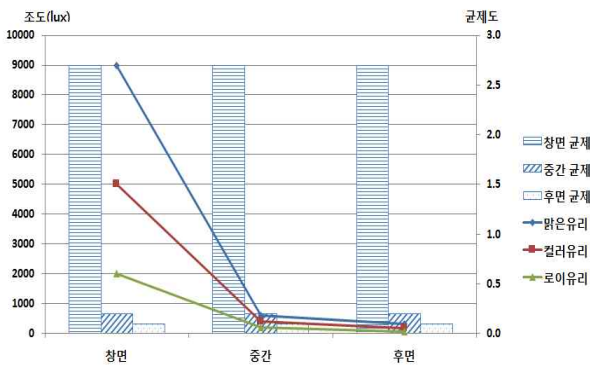
춘분(3월)의 경우 유리특성별 평균 균제도에서 유리의 종류에 관계없이 창면부가 2.8로 균등하게 나타났다. 또한 모든 창호 형태에서 창면부를 제외하고, 기준치에 못 미치는 것으로 나타남으로서, 균제도 측면에서 부정적인 결과로 나타났다. 그러나 조도의 경우 균제도와는 달리 유리의 특성에 따라 큰 차이를 나타내고 있는데 맑은 유리가 다른 형태에 비해 높은 투과율을 나타냄으로 조도값은 창면에서만 약 2~4배 높게 나타났으나 전체적으로 후면부로 갈수록 조도 값은 동등한 수준으로 확인되었다. 이러한 특성은 모든 계절에서 동일하게 나타났는데, 자연채광은 결국 유리의 투과율에 비례하여 변화함을 뜻한다.



<그림 1> 유리종류에 따른 조도 및 균제도 결과(3월)

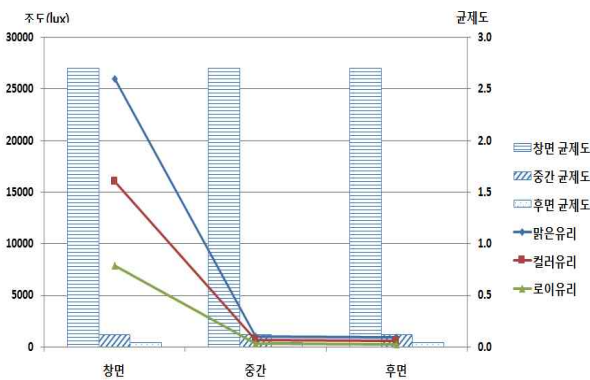
14) JIS Z 9125 日本規格協會 - 屋内作業場の照明基準

하지(6월)의 평균 균제도 역시 춘분과 동일하게 창면 부 2.6을 제외하고 중간부와 후면부에서 모두 기준치에 미달되는 것으로 나타났다. 특히 하지의 조도 값의 경우 다른 계절에 비해 약 1.7배 낮게 나타났으며 이는 계절적으로 태양의 남중고도가 가장 높은 시기이기 때문에, 창면부의 조도 값은 낮게 나타난 것으로 분석되었다. 이는 창면부의 가장 가까운 조도값은 6월이 가장 높지만 실이 깊고 창면부의 길이가 대략 5m정도까지 포함되므로 본 결과를 나타낸 것으로 분석된다. 또한 태양광이 투과되는 유리의 판수가 이중외피와 단일외피의 가장 큰 차이이기 때문에, 본 논문에서는 이중외피의 열적 장점을 고려하여 이중외피로 변수를 한정하였다.



<그림 2> 유리종류에 따른 조도 및 균제도 결과(6월)

동지(12월)의 평균 균제도 역시 창면부의 2.8을 제외한 기준인 0.7에 못 미치는 것으로 확인되었다. 전체적으로 모든 유리형태의 경우 계절변화에 관계없이 창면부에서만 기준치를 만족하였으며, 중간부와 후면부에서는 균제도나 조도 값이 현저하게 감소되는 것을 알 수 있었다. 특히 조도의 경우 태양 남중고도와 실의 깊이의 상관관계에 의해 동지 > 춘분 > 하지의 순으로 나타났으며, 형태별로는 투과율이 가장 높은 맑은 유리 > 컬러유리 > 로이유리 순으로 조사되었다.

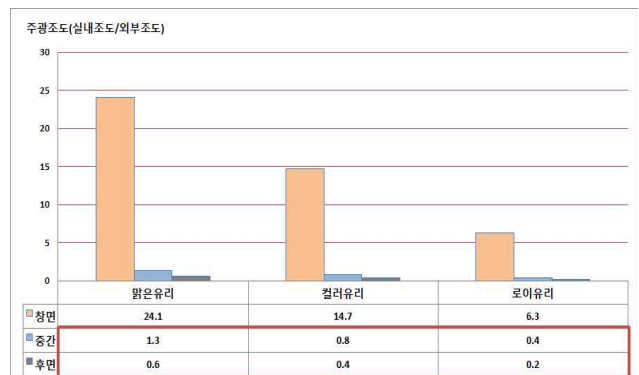


<그림 3> 유리종류에 따른 조도 및 균제도 결과(12월)

4.2. 유리 특성에 따른 주광조도비 분석

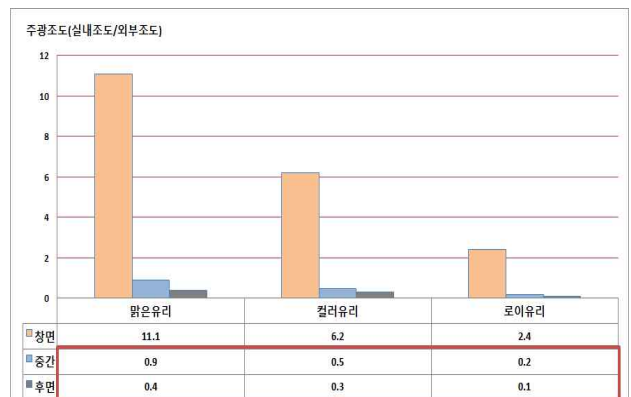
절기변화에 따른 유리형태별 주광성능을 평가하기 위해 주광조도 비를 분석하였으며, 이는 외부 청천공 조도에 대한 실내의 작업 공간부분에 대해 조도 비율 개념으로 평가하였다. 또한 그래프 분석방법에 있어 가로 X축에서는 창호 형태별 위치에 따른 주광 조도비의 결과 값과, 세로 Y축에서는 주광조도비 결과 범위에 대한 <그림 4>, <그림 5>, <그림 6>와 같이 분석되었다. 주광율은 일반적으로 담천공상태에서 2~5%정도가 적정한 자연채광 조건이라고 LEED규정에서 제시하고 있지만, 본 연구에서 차양장치를 설치하였을 때 비교분석을 위하여 청천공상태에서 외부조도와 실내조도의 비로 값을 산출하였다. 그래프에 표시된 박스는 2%이하의 값을 나타내는 중간부와 후면부의 주광조도비를 보여주고 있다.

<그림 5>에서 춘분(3월)의 주광조도비 결과에 대해 나타내고 있으며, 그 결과 맑은유리 : 8.7%, 컬러유리 : 5.3%, 로이유리 : 2.3%로 나타났다. 특히 직사일광으로 인해 3가지 형태 모두 직접적인 영향을 받는 창면부가 가장 높은 주광조도 비를 나타냈으나, 후면부로 갈수록 빛의 감소로 인해 부정적인 결과로 분석되었다.



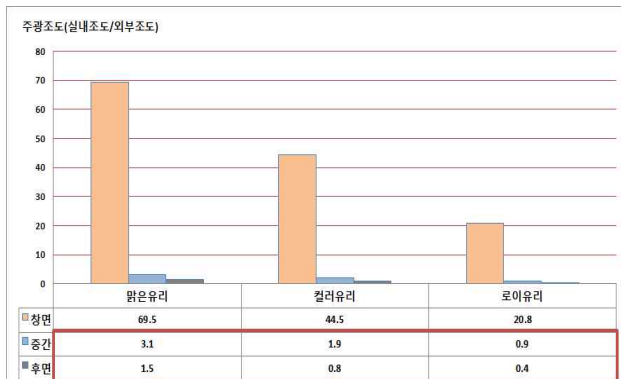
<그림 4> 유리형태별 주광조도비 비교(3월)

하지(6월)의 주광조도 비 평균값을 비교한 결과 맑은유리 : 4.1%, 컬러유리 : 2.4%, 로이유리 : 0.9%로 나타났다. 특히 태양의 남중고도가 가장 높은 하지는 단위면적당 받는 직접적인 일사량이 다른 절기에 비해 작으므로, 유리의 종류에 관계없이 주광조도비가 가장 낮게 나타났다.



<그림 5> 유리형태별 주광조도비 비교(6월)

동지(12월)의 주광조도 비 평균값은 맑은유리 : 24.6%, 컬러유리 : 15.8%, 로이유리 : 7.3%로 나타났다. 특히 동지의 주광조도 비 평균값의 경우 가장 높게 나타났으며, 다른 절기와와의 편차는 약 5% ~ 20%로 나타났다.



<그림 6> 유리형태별 주광조도비 비교(12월)

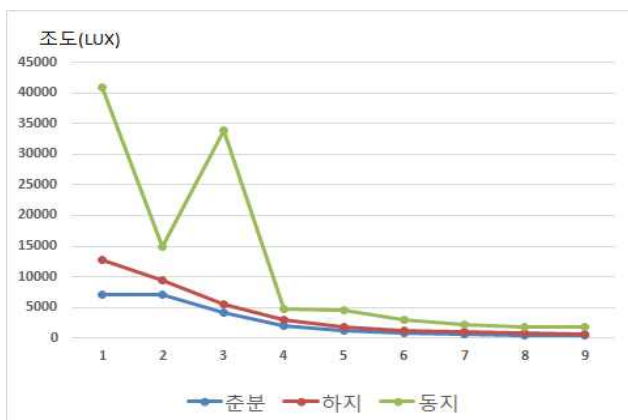
4.3 차양장치에 의한 주광성능분석

본 절에서는 차양장치를 적용하여 유리종류에 따른 천공상태와 계절 변화에 따른 주광성능을 분석하였다.

특히 천공상태의 주광특성을 분석하는 데 있어 결과산출방법은 조도의 경우 각 조도센서의 설치위치에 따라 평균값을 도출하여 창면부(조도계 번호: 1, 2, 3), 중간부(조도계 번호: 4, 5, 6), 후면부(조도계 번호: 7, 8, 9)의 주광을 분석하였으며, 균제도의 경우 맑은유리 형태를 기준으로 하여 다른 형태와 비교하여 평가하였다. 측정위치는 설치된 조도계의 위치에 따라 창면에 가장 가깝게 설치된 조도계의 번호가 1번이고 창에서 떨어진 거리가 멀어질수록 조도계의 번호가 증가하도록 그래프에서 표현되었다.

(1) 차양장치에 의한 계절별 주광성능 분석

본 절에서는 수평차양장치에 의한 계절별 채광성능을 창면부에서 멀어지는 위치에 따라 조도를 산출하여 비교 분석하였다. 창은 유리는 맑은유리로 설정하였고, 블라인드의 효과를 확인하기 위한 연구임으로 천공상태는 청천공상태에서 시뮬레이션이 진행되었다.

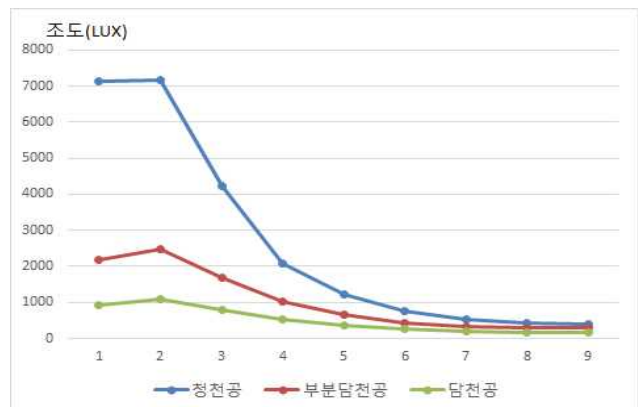


<그림 7> 차양장치 설치에 따른 계절별 조도분포

분석결과, 창면부에 차양장치가 설치됨에 따라 춘분과 하지의 조도는 상대적으로 감소폭이 크게 감소하였지만 동지의 경우 블라인드 반사에 의하여 3번 지점의 조도값이 2번보다 높아진 후 4번부터 9번까지 감소하는 형태로 나타났다. 동지의 경우 태양의 고도가 매우 낮아 직사광의 차단이 창면부에서 잘 이루어지지 않는 것으로 확인되었지만 하절기와 춘분의 경우 상대적으로 실의 직사광 비율이 감소하는 것으로 나타났다. <그림 7>은 차양장치 설치에 따른 계절별 조도분포를 나타내고 있다.

(2) 차양장치에 의한 천공상태별 주광성능 분석

차양장치가 설치되었을 때 천공상태의 변화에 따라 실내 주광성능을 분석하기 위하여 3개의 천공상태를 설정하여 <그림 8>와 같이 나타내었다. 천공상태의 주광특성을 분석하는 데 있어 그래프 분석은 X축은 창문에서 떨어진 지점에 따른 주광성능, Y축은 조도결과를 나타내었다. 설정시각의 가장 대표적인 시간대인 춘분으로 설정하여 분석하였다. 차양장치와 맑은유리를 설정하고 춘분에서의 조도값을 천공상태 변화에 따라 분석한 결과 청천공에서 직사광의 비율이 가장 높기 때문에 실내 전반적으로 조도가 가장 높았다. 특히 창면부의 경우 담천공보다 대략 7배 정도 차이가 있는 것으로 나타났다. 부분담천공의 경우 담천공일때보다 대략 창면부에서 2배 조도가 높은 것으로 분석되었으나 6번부터 9번까지의 조도는 큰 차이를 보이지 않았다.



<그림 8> 차양장치 설치에 따른 천공상태별 조도분포

(3) 변수별 균제도 특성 분석

균제도의 경우 맑은유리 형태를 기준으로 하여 다른 형태와 비교하여 평가하였다. 천공상태는 청천공을 기준으로 분석되었고 계절별 결과값을 표로 나타내었다. 균제도의 경우 실내의 채광성능의 고른 분포를 확인하기 위한 지표이므로 담천공상태에서의 분석은 큰 의미가 없기 때문에 청천공상태로만 한정하여 분석하였다.

<표 4>의 춘분(3월)의 균제도 결과는 전체적으로 3가지 형태 모두 JIS기준인 작업면조도 0.7이상을 만족하였

지만, 블라인드가 설치되지 않았을 경우 직달 일사량을 제어하지 못하여 불균일한 결과를 나타내고 있다. 또한 블라인드 설치유무에 따라 시스템이 갖는 차양성능의 영향으로 인해 직사일광을 직접적으로 받는 창면부의 경우 차이를 보이고 있다. 춘분(3월)의 조도를 분석한 결과 맑은유리 유리의 결과를 기준으로 컬러유리의 No-blind : 1.65배, Blind : 1.64배, 로이유리의 No-blind : 3.74배, Blind : 3.73배로 분석되었다.

<표 4> 차양설치 유무에 따른 유리형태별 균제도 비교(춘분)(청천궁)

측정위치		창면부			중간부			후면부		
유리형태		1	2	3	4	5	6	7	8	9
맑은 유리	Blind(X)	0.37	5.76	8.53	0.72	1.05	1.51	0.90	1.06	1.06
	Blind(O)	0.88	0.85	1.48	0.65	1.12	1.80	0.84	1.05	1.19
컬러 유리	Blind(X)	0.37	5.88	8.62	0.72	1.06	1.50	0.89	1.04	1.12
	Blind(O)	0.89	0.84	1.48	0.64	1.14	1.79	0.86	1.03	1.18
로이 유리	Blind(X)	0.37	5.93	8.60	0.72	1.05	1.49	0.91	1.05	1.03
	Blind(O)	0.92	0.83	1.43	0.65	1.14	1.71	0.86	1.05	1.20

<표 5>의 하지(6월)의 균제도 결과 역시 전체적으로 기준치를 만족하고 있으나 춘분과 마찬가지로 직사일광 영향과 태양의 남중고도 위치에 의한 영향으로 인해 각각 차이를 나타내고, 하지(6월)의 조도는 맑은 유리형태의 유리를 기준으로 컬러유리의 No-blind : 1.66배, Blind : 1.64배, 로이유리의 No-blind : 3.81배, Blind : 3.78배로 이는 춘분과 유사한 형태로 나타났다.

<표 5> 차양설치 유무에 따른 유리형태별 균제도 비교(하지)

측정위치		창면부			중간부			후면부		
유리형태		1	2	3	4	5	6	7	8	9
맑은 유리	Blind(X)	0.38	4.62	6.52	0.75	1.05	1.42	0.91	1.02	1.09
	Blind(O)	0.54	1.42	2.24	0.75	1.04	1.41	0.91	1.04	1.07
컬러 유리	Blind(X)	0.38	4.37	6.09	0.75	1.04	1.41	0.91	1.02	1.09
	Blind(O)	0.55	1.39	2.16	0.75	1.04	1.41	0.92	1.03	1.07
로이 유리	Blind(X)	0.39	4.02	5.51	0.75	1.04	1.40	0.92	1.04	1.04
	Blind(O)	0.57	1.33	1.99	0.76	1.04	1.39	0.93	1.04	1.04

<표 6>의 동지(12월)의 균제도 역시 기준치를 만족하고 있으며, 다른 절기와 마찬가지로 직사일광의 영향과 태양의 남중고도 위치에 의한 영향으로 인해 각각 차이를 확인할 수 있었다.

<표 6> 차양설치 유무에 따른 유리형태별 균제도 비교(동지)

측정위치		창면부			중간부			후면부		
유리형태		1	2	3	4	5	6	7	8	9
맑은 유리	Blind(X)	1.02	0.98	1.00	0.73	1.04	1.49	0.87	1.07	1.09
	Blind(O)	0.74	3.69	0.73	0.73	1.04	1.50	0.89	1.05	1.07
컬러 유리	Blind(X)	1.02	0.98	1.00	0.73	1.04	1.48	0.87	1.07	1.10
	Blind(O)	0.74	3.78	0.73	0.73	1.05	1.49	0.90	1.05	1.08
로이 유리	Blind(X)	1.02	0.98	1.00	0.74	1.04	1.47	0.88	1.07	1.09
	Blind(O)	0.74	3.83	0.72	0.73	1.04	1.50	0.90	1.05	1.07

5. 결론

본 연구에서는 이중외피 설계전 건축 계획시 쾌적한

시 환경의 조성을 위해 천공상태와 계절변화를 고려하여 창호 형태별 주광성능을 평가하기 위해 빛 환경 시뮬레이션을 이용하여 분석한 결과 그 내용은 다음과 같다.

(1) 계절변화에 따른 유리특성별 조도분포와 균제도의 상관관계를 분석한 결과 계절변화에 관계없이 전체적 평균 균제도 및 조도는 창면을 제외하고 채광성능이 부족한 것으로 나타났다. 창면의 경우 과도일 일사 및 일조로 인하여 차양장치가 필요한 것으로 분석되었고 실이 깊어짐에 따라 조도값의 변화가 커 실의 균제도가 기준치보다 낮은 것으로 분석되었다. 이는 태양 남중고도의 영향으로 인해 단위 면적당 받는 직접적인 일사량이 다르므로, 상이하게 나타난 것으로 판단된다. 만약 이중외피가 아닌 단일외피의 성능과 분석된다면 이중외피의 창면부 채광성능은 상대적으로 낮은 것으로 예상되지만 전체적인 균제도의 경우 큰 차이가 없을 것으로 예상된다. 또한 유리의 특성에 따라 채광성능의 차이가 창면부에서는 명확하나 실이 깊어짐에 따라 변수간의 차이가 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

(2) 주광조도비 분석결과 조도분포와 균제도와 유사한 형태로 나타났으며, 이에 직접적인 영향을 많이 미치는 요소로 태양의 남중고도와 창 투과율로 조사되었다.

(3) 창면부에 차양장치가 설치됨에 따라 춘분과 하지의 조도는 상대적으로 크게 감소하였지만 동지의 경우 낮은 태양고도 때문에 수평 차양장치가 차양장치로서의 역할을 하지 못하는 것으로 분석되었다.

(4) 차양장치와 맑은 유리를 설정하고 외부 천공상태의 변화에 따른 계절별 채광성능 분석에서, 창면부의 경우 담천궁보다 대략 7배 정도 차이가 있는 것으로 나타났다. 부분담천궁의 경우 담천궁일 때 보다 대략 창면부에서 2배 조도가 높은 것으로 분석되어 담천궁과 부분담천궁의 실내 채광성능의 상대적인 변화율이 적었다.

(5) 창문의 투과율과 천공상태의 영향으로 인해 청천궁 상태에서의 주광성능이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 또한 창호 형태는 맑은 유리가 가장 우수한 것으로 나타났다. 특히 담천궁 상태에서는 서로 유사한 주광성능을 나타내었지만, 이는 태양의 직달 일사가 구름에 영향으로 인해 직접적으로 영향을 못 미치는 것으로 분석되었다.

(6) 맑은 날(맑은유리 sky)을 기준으로 직달 일사의 직접적인 영향으로 인해 창면부의 과도한 주광유입으로 균제도 수치가 10을 상회하는 것은 기본적인 차폐시설이 필요할 것으로 판단되며, 또한 실내 공간전체의 쾌적성을 저하시킬 수 있다.

(7) 전체적인 연구결과 기준치를 만족하는 것으로 나타났으나 시 환경 측면에서 우수한 것으로 검토되었다. 또한 맑은유리 유리 이외에 컬러유리나 로이유리 유리 같은 경우에도 기본적인 유리특성상 기능성 유리임에도

불구하고 주광성능은 기준이상으로 확보되어 우수한 것으로 분석되었다.

본 연구의 결과와 같이 건축물 내의 실내 시 환경을 개선하고자 하여 Desktop Radiance 2.0 Beta 프로그램 이용하여 분석 평가한 이론적 연구의 특징의 한계가 있다. 따라서 건축물의 실내 디자인 설계시 재실 주거자의 환경을 위한 다양한 창호와 유리형태에 대하여 계절별 시 환경을 고려하여 개선방향을 제시하고 있으며, 향후 연구에서는 다양한 각도에서의 연구 범위를 설정하여 창호의 크기, 창의형상^ㄴ 및 재질, 등 디자인적 요소를 종합적으로 고려하여 평가할 수 있는 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김창성 외 1명, Radiance 프로그램을 이용한 미술관 전시공간의 주거 환경 디자인 평가, 한국실내디자인학회 논문집 v.18 n.6(통권 77호), 2009.12
2. 강주연 외 1명, 국내 친환경 업무용 건축물의 디자인에 대한 비교 연구, 한국실내디자인학회 논문집 2014.6. v.23 n.3(통권104호)
3. 임오연 외 1명, 천공상태에 따른 오피스 창호의 적정 투과율 선정, 한국실내디자인학회 논문집 38호, 2003.6
4. 정환교 외 4명, 업무용 건물의 이중외피 성능평가를 위한 해석기법의 고찰, 한국에너지공학회 논문집 제21호, 2012.6
5. 박종명 외 4명, 에너지절약형 이중외피 창호의 기본채광 성능, 한국태양에너지학회 학술발표 논문집 2008.4
6. Hammad F, Abu-Hijeh B. The energy savings potential of using dynamic external louvers in an office building. Energy and Buildings 2010. 42
7. Palmero A.C, Armando O.C. Effect of louver shading devices on building energy requirements. Building and Environment 2007. 42
8. M. Bessoudo, A. Tzempelikos, A.K. Athienitis, R. Zmeureanu, Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices - Part I: Experiments and building thermal model, Building and Environment 45. 2010
9. 임태섭 외 3명, 베네치안 블라인드 슬랫각도 형태변화에 따른 주광성능에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집 2013. Vol.13 No.5
10. SHAMERI, M. A., et al. Daylighting characteristics of existing double-skin façade office buildings. Energy and Buildings 2013, 59
11. YANG, Hua, et al. The Impact of Double Skin Facade on Building Energy Consumption in Daylighting Control Mode. In: Applied Mechanics and Materials 2013
12. Hwan-Kyo Jung et al, A study on analysis method for performance evaluation of double-leaf facade of office building. Journal of Energy Engineering, vol.21 no.2, 2012.6
13. Huifen et al, Mathematical Modeling of Double-Skin Facade in Northern Area of China, Mathematical Problems in Engineering, 2013.1
14. JIS Z 9125 日本規格協會 - 屋内作業場の照明基準

[논문접수 : 2015. 05. 21]

[1차 심사 : 2015. 06. 17]

[2차 심사 : 2015. 06. 22]

[3차 심사 : 2015. 06. 26]

[게재확정 : 2015. 07. 03]