



면역건물 구현을 위한 공동주택 단위세대의 빛 환경 특성 분석

Analysis of Light Environment Characteristics in Apartment Housing Unit for Immune Building Implementation

안상민*

An Sang Min*

* General Manager, Korea Research Institute of Eco-Environmental Architecture (walterlook@naver.com)

A B S T R A C T

Purpose: The occupant is able to gain visual, emotional, and physiological advantages in a place that daylighting is provided sufficiently. The purpose of this study is to examine the health aspects of the light environment on the human body and implement a light environment model of a residential building that can improve the immunity of residents. Immune building is the place immunized to prevent the penetration of viruses and improve the physical and mental health of residents by managing not only the architectural environment of thermal, air, sound, light but human subjective elements through technical and institutional approaches. **Method:** For the implementation of immune buildings, a standard model of apartment housing was selected and a number of light environment simulations were performed. The daylighting performance of the residential model was analyzed based on the static and dynamic daylight credits presented abroad. **Result:** As a results, the daylighting performance such as daylighting factor, uniformity ratio, spatial daylight autonomy and useful daylight autonomy in bed room 2 and 3 meets the criteria of international green building rating system.

KEYWORD

면역건물
빛 환경
연간 일광 노출
공간 주광 자율성
기후 기반 주광 모델링Immune Building
Light Environment
Annual Sunlight Exposure
Spatial Daylight Autonomy
Climate-Based Daylight Modeling

ACCEPTANCE INFO

Received Oct. 7, 2022
Final revision received Oct. 25, 2022
Accepted Oct. 27, 2022

© 2022. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

현대인은 하루 중 많은 시간을 실내에서 보내고 있으며 사람들의 건강과 생명을 위협하는 MERS, SARS, COVID-19 등의 전염병 바이러스는 이러한 시간의 증대를 가중시켰다. 팬데믹 이후 사회적 거리두기의 일환으로 근로자의 재택근무는 우리사회의 보편적인 업무 문화로 자리 잡고 있다. 이런 점을 고려해 보면, 실내 빛 환경은 에너지 절약과 쾌적성 측면에서 중요한 건축환경 분야로 여겨지고 있다. 실내에서 많은 시간을 업무활동으로 보낸다는 점을 감안할 때, 에너지 효율적인 조명에너지 절약 관점에서 더 나아가 공간에서의 주광을 원활히 제공하여 재실자에게 시각적, 정서적, 생리적 이점을 얻을 수 있는 환경을 조성하는 연구가 필요하다. 이에 본 연구는 빛 환경이 인체에 미치는 건강적인 측면을 조사하고 재실자의 면역력을 향상시킬 수 있는 주거건물의 빛 환경 모델을 구현하고자 한다. 면역건물(Immune Building)은 인간의 건강에 악영향을 주는 환경을 줄이고 호흡계, 소화계, 내분비계, 면역계 등의 신체체계를 보호할 수 있는 공기 환경, 열 환경, 음 환경, 빛 환경을 제공할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 건축환경 분야 중 실내 빛 환경의 개선을 통해 면역건물의 구현방안을 모색하고자 하였다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

주거모델의 면역건물 구현을 위한 빛 환경 연구방법은 다음과 같다. 첫째, 문헌고찰을 통한 면역건물을 정의하였으며, 사람의 신체 체계와 건축 빛 환경과의 상관성을 정립하였다. 둘째, 재실자의 건강과 면역력 증진을 위해 국외 친환경건축물 인증제도에서 제시하고 있는 빛 환경 성능지표의 종류와 기준을 조사하였다. 셋째, 공동주택 표준모델을 선정하여 빛 환경 시뮬레이션을 수행하였다. 앞에서 조사한 빛 환경 성능지표를 바탕으로 공동주택 표준모델의 면역건물 구현방안에 대해 분석하였다.

1.3. 선행연구 고찰

본 절에서는 빛 환경 개선과 면역건물에 대한 선행 연구들을 고찰하여 각 연구의 목적과 방법을 면밀히 살펴보고자 한다.

이세원 외(2018)는 국내의 빛 환경 평가방식이 주광율과 균제도를 이용한 평가방식을 고수하고 있는 것을 지적하며 주광율(Daylighting Factor), 균제도(Uniformity Ratio), 공간 주광 자율성(Spatial Daylight Autonomy), 연간 일광 노출(Annual Sunlight Exposure)의 빛 환경 성능지표를 통해 학교건물의 실내 일조환경을 분석하였다[1]. 박정대 외(2016)는 아트리움의 자연채광의 유입 및 건물에너지부하를 최소화하기 위해 DIVA-for-Rhino3D를 활용하여 광정지수와 광정비율에 따른 조도성능 시뮬레이션을 수행하였다[2]. 광정 지수와 광정비율에 따른 조도성능을 Spatial Daylight

Autonomy와 Annual Sunlight Exposure를 이용하여 분석하였다. 김경아 외(2009)는 Radiance 프로그램을 활용하여 Daylight Glare Index(DGI)평가에 영향을 미치는 요소들을 검토하였다[3].

고동환은 재실자의 심리적, 시각적 안정을 위한 자연채광 환경을 제시하기 위하여 ECOTECT Analysis 2010 프로그램을 이용하여 유용 조도(Useful Daylight Illuminance)를 분석하였다[4].

문헌고찰 결과, 과거 정상상태(Static) 시뮬레이션을 기반으로 한 주광율(Daylight Factor) 평가에서 더 나아가 연간 기상데이터를 바탕으로 동적 자연채광 시뮬레이션을 통한 빛 환경 연구 결과들이 보고되고 있는 것으로 나타났다.

2. 이론적 배경

2.1. 면역건물과 건강건축물

최상곤 (2007)은 UVGI와 멀티존 해석을 이용한 면역건물에 관한 연구에서 살균기술, 필터기술, 환기기술이 실내 미생물 오염원 저감에 미치는 영향을 평가하였다[5]. 홍진관 (2008)은 보건공조 측면에서 적용할 수 있는 면역 건물 기술의 체계와 구성요소에 대해 연구하였다 [6]. 이윤규 (2014)는 흡착·흡방습 건축자재, 항곰팡이·항균건축자재, 플러쉬 아웃(Flush-out) 등을 통한 건강친화형주택 건설의 필요성을 언급하였다[7]. 2010년 12월 시행한 건강친화형주택 건설기준에서는 오염물질이 적게 배출되는 실내건축자재를 적용하고 자연환기 또는 기계환기 등을 실시하여 새집증후군 문제(Sick Building Syndrome)를 개선함으로써 건물이용자에게 건강하고 쾌적한 실내환경을 제공할 수 있도록 일정수준 이상의 실내공기질과 환기성능을 확보한 주택을 건강친화형 주택이라고 명명하였다. 국외의 경우, International WELL Building Institute (IWBI)에 의해 운영되고 있는 WELL Building Standard에서는 일정 수준 이상의 공기(Air), 물(Water), 영양(Nourishment), 빛(Light), 열 쾌적(Thermal Comfort), 운동(Movement), 음(Sound), 자재(Material), 정신(Mind), 공동체(Community)분야를 유지하는 건물을 건강건축이라고 하고 있다. Healthy by Design Building Institute(HDBI)에서 담당하고 있는 Immune Building Standard에서는 건축 환경의 면역력 다루는 세계 최초 기준으로 인증·운영되고 있다. 여기서 면역건물(Immune Building)을 제도, 사람, 공간, 기술 등으로 분류하여 감염병 등의 호흡기 질환으로부터 면역체계가 갖춰진 건물로 그 의미를 부여하고 있다. 이를 토대로 면역건물(Immune Building)이란 공기·열·음·빛의 건축 환경적 요소와 사람의 주관적 요소를 기술적·제도적 장치들을 통해 관리하여 바이러스의 침투를 예방하고 재실자의 신체적·정신적 건강을 증진시킬 수 있도록 면역성이 부여된 건물이라 할 수 있다. 기술적 장치는 이중창호, 외단열 등의 고성능 건축 기술 및 고효율 냉방·난방시스템의 설비적 기술을 의미한다. 제도적 장치는 계획·설계단계에서 재실자의 면역건물 요구사항에 대한 기술 수요조사와 운영단계 재실자와 운영관리자와의 소통을 통한 면역건물의 지속가능성을 유지관리하기 위한 전략을 수립하고 실행하는 것을 의미한다.

2.2. 면역건물에서의 빛 환경의 중요성

빛은 에너지 주파수가 낮은 것부터 차례로 분류된 전자기파 스펙트럼에서 매우 작은 부분을 차지하지만 인간에게는 매우 중요하다. 전자기파는 파장의 길이에 따라 다른 성질을 가지고 있다. 비슷한 성질을 가진 파(Wave)의 구간을 정하여 파장이 긴 영역부터 라디오파, 마이크로파, 적외선, 가시광선, 자외선, X선, 감마선이라고 한다. 파장 범위가 대략 400-700 nm인 가시광선(visible light)이 인간의 눈으로 들어와 시각 신호를 만들어 사물을 밝기와 색깔을 확인할 수 있는 것이다. 파장범위가 다른 전자기파인 UV Light과 Infrared Radiation의 경우 눈으로는 감지할 수 없다. 하지만 가시광선보다 파장이 짧은 자외선(UV)은 사람의 피부를 태우거나 살균작용을 하며, 과도하게 노출될 경우 피부암을 유발하는 것으로 알려졌다. 액체나 기체상태의 물질은 각각의 물질에 특유한 파장의 적외선을 강하게 흡수한다. 이는 적외선이 물체를 데우거나 실내환경 온도를 상승시킬 수 있음을 의미한다. 자연광(Natural Light)은 일정 면적당 들어오는 광속의 밀도, 즉 단위면적이 단위 시간에 받는 빛의 양을 의미하는 조도(Illuminance)의 중요한 자원이다. 하지만 직사광의 경우 현회를 유발하거나 시력(Visual Acuity)에 영향을 끼친다. 기존 연구에 따르면 빛에 노출되는 것은 인간의 건강과 감정에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Boubekri의 연구에 따르면 낮 시간 동안의 빛에 대한 노출은 개인의 생산성, 수면의 질 향상과 관련이 있음을 보여준다[8]. 뿐만 아니라 건물이나 다른 장애물을 마주보게 되는 창문이 있는 방에서 괴로워하는 환자들에 비해, 햇빛을 쬐는 창문이 있는 방에서 생활하는 경우, 심각한 우울증 환자와 심장마비 환자들의 회복 시간이 빠르다고 밝혔다. Lam은 빛에 대한 노출은 우울증 증상을 감소시킬 수 있다는 연구결과를 발표하였다[9]. Alimoglu의 연구에서는 하루에 적어도 3시간 동안 주광에 노출되면 스트레스를 감소시킬 수 있고, 병원에서 근무하는 간호사들의 업무 만족도가 증가되는 것으로 밝혔다[10]. 이를 바탕으로 재실자가 햇빛에 노출되는데 많은 영향을 줄 수 있는 설계방식에 대해 고려할 필요가 있다. 또한 실내 환경에서 적절한 수준의 빛 이용을 위해 공간배치, 조명설계, 내장재료 선정시 고려할 필요가 있다.

2.3. 빛 환경 성능 평가 지표의 종류와 정의

태양으로부터 오는 주광(Daylight)을 인간 생활을 위해 건물의 내부로 도입하는 일련의 행위를 자연채광(Daylighting)이라 할 수 있다. 자연광원은 크게 주광(Daylight)과 일광(Sunlight)으로 분류할 수 있다. 주변 인접 표면에서 반사된(Reflected) 성분과 천공광(Skylight)으로부터 확산된(Diffused) 성분을 모두 포함한 것이 주광을 의미한다. 일광은 방향성이 있는 직달일사(Direct Solar Radiation)을 의미하고 주광보다 매우 밝은 것이 특징이다. 극심한 현회로 인해 일반적인 자연채광에서는 포함시키지 않는다. 공간에서 주광을 재실자에게 제공하면 시각적, 생리적, 정서적 이점을 얻을 수 있다. 주광은 조도에 기여함으로써 공간에서의 시각적 작업 수행을 도울 수 있다. 이러한 주광에 대한 노출에 영향도를 평가할 수 있는 빛 환경 성능지표들에 대한 종류와 정의를 Table 1.에 나타내었다. 시각 예민성과 안락성을 위한 빛 환경 성능 평가지표를 선정하여 재실자의 시환경 쾌적성에 초점을 맞춘 보다 건강하고 생산적인 환경을 조성할 필요가 있다.

2.4. 빛 환경 성능 기준

본 절에서는 국외 친환경건축물 인증기준에서 제시하고 있는 빛 환경 성능평가 지표와 세부 평가 기준에 대해 정리하고자 한다.

각 인증기준에서 공동주택, 주거공간을 대상으로 제시하고 있는 빛 환경 성능 지표와 세부 평가 기준에 대해 Table 2.에 나타내었다. WELL, LEED, BREEAM 등 국외인증기준에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 주광(Daylight)성능에 대한 평가 기준을 제시하고 있다.

과거에는 주로 실외 전천공조도에 대한 실내 작업면 조도의 비를 의미하는 주광율 (Daylight Factor; DF)을 하절기와 동절기의 특정 시점을 기준으로 주광 성능(Daylighting Performance)에 대해 정적평가(Static Evaluation)를 수행하였다. 컴퓨터와 일사 해석에 대한 소프트웨어의 개발로 기후 기반 주광 모델링(Climate-Based Daylighting Modeling)을 통한 연간 주광 계산(Annual Daylighting Calculation)이 대두되었다. 이러한 점은 LEED, WELL, BREEAM 등의 국외 친환경건축물 인증기준을 통해 더 널리 보급 및 확산되었다.

연간 일광 노출 (Annual Sunlight Exposure: ASE)은 연간 특정 시간 동안 특정 조도레벨 이상을 받는 전용공간 바닥면적의 비율을 의미한다. ASE1000,250은 연간 최소 250시간 동안 최소 1000lux 이상의 조도를 받는 바닥면적의 비율을 의미한다[11]. 공간 주광 자율성 (Spatial Daylight Autonomy; sDA)은 전용공간 바닥면적 중 연간 특정 값에 해당하는 최소 조도를 확보할 수 있는 바닥 면적의 비율을 의미한다. sDA200,40%란 연간 분석 기간 중 총 전용공간의 바닥면적 30%에 해당하는 부분에서 최소 조도 200lux를 확보할 수 있음을 의미한다[12]. 실내 유용 조도 (Useful Daylight Illuminance; UDI)는 실내의 자연채광 성능평가지수인 Daylight Autonomy와 유사한 개념이지만 열획득과 눈부심을 반영한다. 실

Table 1. Daylight Performance Indicators

Index	Concept
Daylight Factor (DF)	Ratio of the light level inside a structure to the light level outside the structure.
Daylight Autonomy (DA)	Daylight availability that corresponds to percentage of occupied time when the target illuminance at a point in space is met by daylight.
Spatial Daylight Autonomy (sDA)	Measure of how often a minimum work plane illuminance threshold can be maintained by daylight alone.
Annual Sunlight Exposure (ASE)	Number of hours per year point on the working plane receives direct sunlight greater than a threshold value.
Useful Daylight Illuminance (UDI)	Daylight availability metric that corresponds to the percentage of the occupied time when target range of illuminance at a point in a space is met by daylight.
Uniformity Ratio (UR)	Ratio of minimum lighting level to average lighting(or Maximum Lighting) level in a specified area.
Daylight Glare Probability (DGP)	Glare index developed by Wienold and Christoffersen for the evaluation of glare caused by daylight.

내 유용 조도는 연간 하루 일과시간 중 기준조도 100lx 미만, 100~2000lx, 2000lx초과의 범위 안에 만족하는 비율로 평가하고 있다[13]. 국외 기준을 살펴보면 자연채광에 대한 성능 평가지표로 연간 일광 노출과 공간 주광 자율성을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 기존 문헌에서 제시한 자료를 바탕으로 재실자의 면역력 향상을 위해 필요한 주거건물의 자연채광성능을 평가하기 위한 지표와 기준을 Table 3.에 정리하였다.

Table 2. Detailed Credits of Daylight Performance Indicators for Residential buildings (Dwelling Units) according to the Different Kinds of Green Building Rating Systems

Rating Systems	Daylight Performance Standards	
	Credit	Detailed Standards
WELL v2 (IWBI)	ASE	ASE ASE1000,250 no more than 10% of the area can receive more than 1,000 lux for 250 hours each year.
	sDA	Average sDA 200,40% is achieved for > 30% of regularly occupied floor area.
LEED v4 (USGBC)	ASE	Annual sunlight exposure1000,250 (ASE1000,250) of no more than 10% is achieved.
	sDA	Spatial daylight autonomy300/50% (sDA300/50%) of at least 55%, 75%, or 90% is achieved.
	UDI	Demonstrate illuminance levels are between 300 lux and 3,000 lux at both 9 a.m. and 3 p.m.
BREEAM 2016 (BRE)	DF	Average Daylight Factor (DF) required by latitude.
	UR	Uniformity ratio of at least 0.3 or a minimum point daylight factor of at least 0.3 times the relevant average
	DA	Modified Daylight Autonomy – entire space with at least average daylight illuminance 100 lux for 3450 hours per year or more
Fitwel v2.1 (CfAD)	ASE	Annual sunlight exposure 1000,250 (ASE1000,250) of no more than 10% is achieved.
	sDA	Spatial daylight autonomy300/50% (sDA300/50%) of at least 55%, 75%, or 90% is achieved

Table 3. Detailed Credits of Daylight Performance Indicators

Credit	Daylight Performance Standards			
	Detailed Standard	State	Sky Model	Source
DF	average DF 2%	Static	CIE Overcast	BREEAM
UR*	above 0.3	Static	CIE Overcast	BREEAM
Ur**	above 0.1	Static	CIE Overcast	Lee (2005)
sDA-1	sDA300,50% for 30% ROS***	Dynamic	CBDM	LEED
sDA-2	sDA200,40% for 30% ROS	Dynamic	CBDM	WELL
ASE	ASE1000,250 for 10% ROS	Dynamic	CBDM	WELL
UDI-1	300~3000 lux for 80% ROS	Dynamic	CBDM	LEED
UDI-2	100~2000 lux for 80% ROS	Dynamic	CBDM	KO (2010)

*Ratio of minimum lighting level to average lighting **Ratio of minimum lighting level to maximum lighting ***Regularly Occupied Space

3. 면역건물 구현을 위한 빛 환경 성능 분석

3.1. 공동주택의 자연채광 시뮬레이션 개요

연간 기상데이터에서 제공하는 태양의 방위각, 고도각 및 일사, 운량 등의 데이터를 기반으로 주거건물의 자연채광 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램인 Design Builder v6을 사용하였다. 일반적으로 DesignBuilder의 조도 시뮬레이션은 실외 빛 환경과 천공상태 분포를 바탕으로 다중 영역 물리 기반 조명 계산을 통해 실내 작업면 조도 수준을 계산한다. 이를 위해서 국제적으로 가장 정확하고 광범위하게 검증된 조명 시뮬레이션 도구로 Lawrence Berkeley National Laboratory 개발된 Radiance Engine을 DesignBuilder내에서 제공하고 있다. DesignBuilder 내의 Radiance는 물리적 환경의 3차원 기하학적 모델링을 통해 해석대상을 구현한다. 또한, 빛이 작업면에서 광원의 역방향으로 따라가는 역방향 광선 추적(Backward Ray-Tracing) 방법을 적용하여 작업면에서의 조도 레벨에 대한 이미지 분포를 생성할 수 있다. DesignBuilder의 조도 주광 계산(Illuminance Daylighting Calculation) 방법은 외부 및 내부 창문을 통해 빛이 전달되는 과정과 부착된 차양 장치와 관련 부품 및 조립 블록의 빛의 차단 및 반사 효과를 계산할 수 있다. 과거 고정된 정적 천공상태(Sky Distribution)에서 벗어나 연간 기후 기반 주광 모델링을 수행할 수 있다. CBDM(Climate-Based Daylight Modeling) 기법을 통해 표준화된 기후 데이터를 기반으로 현실적인 태양 및 천공 상태 조건을 사용하여 작업 평면의 조도를 예측할 수 있다. CBDM 평가는 자연광의 일별, 계절별 기상 역학을 포착하기 위해 1년을 1시간 단위의 타임 스텝(Time-Step)으로 분할하여 수행된다. 시뮬레이션 해석 조건, 건물 모델링 정보 등 주거건물의 빛 환경 시뮬레이션을 위해 필요한 입력 값에 대한 정보를 Table 4.에 나타내었다.

3.2. 공동주택 표준모델 설정

주거시설의 면역건물 구현을 위해 공동주택 평면을 모델로 선정하였다. 공동주택 평면의 대표성을 위해 한국토지주택공사에서 하자저감, 품질 편차해소, 설계변경의 감소를 목적으로 개발/설계한 주력평면매뉴얼(2018)의 84㎡ Type을 선정하였다[14].

공동주택의 지역별 건축물 부위의 열관류율은 국토교통부고시

Table 4. Information of Simulation Modeling

Item		Contents		
Daylighting Calculation Modeling Information	Program	DesignBuilder 3.4		
	Algorithm	Radiance ray-tracing simulation		
	Calculation Method and Sky Model	Dynamic	Climate-Based Daylight Modelling (CBDM)	
		Static	CIE overcast day	
	Zenith Illuminance	10000 lux		
	Modeling Grid Size	300mm*300mm		
	Working Plane Height	0.75 m		
	Occupied Hours	08:00 ~ 18:00		
	Location	Seoul/Incheon		
	Weather Data	IWEK Incheon		
Latitude	37.57			
Longitude	126.97			
Apartment Modeling	Apartment Shape	Flat-Type		
	Orientation	Southe East		
	Number of Unit	Housing Unit 1ea		
	Plan Type	Extend floor plan		
	Ceiling Height	2.22m		
	Floor Height	2.92m		
	Bay	3 bays		
	Plan Aspect Ratio	61.7%		
	Section Aspect Ratio	3.4%		
	Window-Wall Ratio	18.96 %		
Window Opening Area	29.02 m ²			
Gross Wall Area	153.04 m ²			
Size of Window	Main Room (Bed Room1)	1.8m*2.2m	4.68m ²	
		1.3m*0.9m	1.17m ²	
		1.3m*1.2m	1.56m ²	
	Bed Room 2	1.8m*2.2m	3.96m ²	
	Bed Room 3	1.8m*2.2m	3.96m ²	
	Kitchen	1.2m*0.6m	0.72m ²	
	Living Room	3.6m*2.2m	7.92m ²	
		1.2m*0.6m	0.72m ²	
Multi-purpose room	2.1m*1.28m	2.69m ²		
Double Frame Window	Glazing Layers (48mm)	6 GN + 12 Air + 6CL 6 CL + 12 AR + 6LE		
	U-value	1.0 W/m ² ·K		
	SHGC	0.289		
	Direct Solar Transmittance	0.143		
	Visible Light Transmittance	0.341		
	U-value of PVC Frame	3.476		
Available Depth of Daylighting	Main Room	5.1m (h:2.55m/Depth:8.85m)		
	BedRoom 1	5.1m (h:2.55m/Depth:3.6m)		
	BedRoom 2	5.1m (h:2.55m/Depth:3.6m)		
	Living Room	5.1m (h:2.55m/Depth:10.27m)		
Regularly Occupied Space Area	84.926m ²			



Fig. 1. Floor Plan of Simulation Reference Model

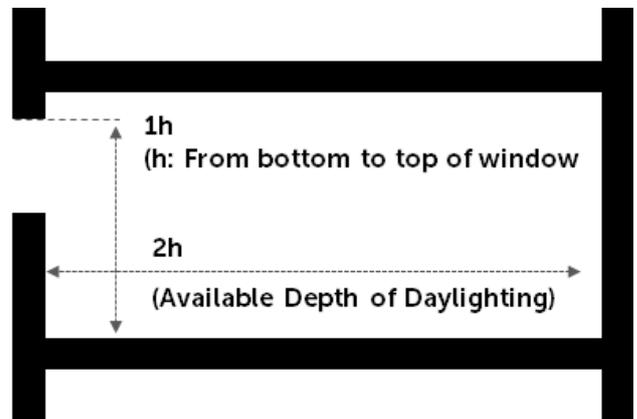


Fig. 2. Available Depth of Daylighting

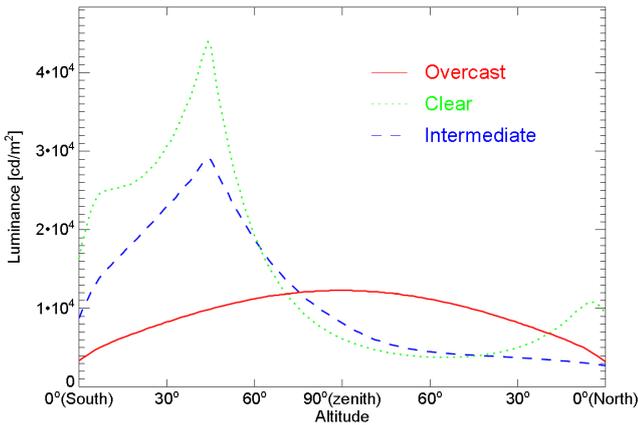


Fig. 3. Sky luminance profiles for 3 sky models

건축물의 에너지절약설계기준 중부2지역 기준을 적용하였다. 기후데이터를 통한 실내 자연채광 성능을 분석하기 위해서 U.S. Department of Energy에서 제공하는 IWEC(International Weather for Energy Calculations)형식의 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 제공되는 인천, 강릉, 광주, 울산 총 네 개의 기상데이터 중 중부2지역에 속하는 인천, 서울, 경기도를 기후를 대표할 수 있는 인천 기상데이터를 이용하였다. 자연채광 유입에 중요한 영향요소는 건물의 방위, 인동간격, 실 깊이, 창의 광학적 특성 등이 있다. 본 해석 대상 공동주택의 방위는 동, 서, 남, 북, 남동, 남서, 북동, 북서 8 방향을 기준으로 분석하였다. 인동간격의 영향은 배제하였으며 창 높이와 실 깊이 비율, 창의 광학적 특성은 Table 4.에 나타내었다. 일반적으로 자연채광의 가용 깊이는 Fig. 2.와 같이 창문의 수직 최상부 끝부분의 2배 깊이까지 가능하다. 각 실의 창호의 수직 최상부 끝부분의 2배에 대한 자연채광 가용 깊이를 Table 4.에 나타내었다.

시뮬레이션 해석을 위한 창은 공동주택의 일반적으로 적용되는 측창(Sidelighting)형태의 이중창호를 적용하였다. 창의 광학적 특성은 지역별 열관류율 기준을 충족한 상태에서의 가시광선투과율과 일사확득계수의 계산 값을 적용하였다. 건물의 실내 조도 분포에 직접적인 영향을 미치는 건물 개구비의 크기, 장면적비, 유리의 가시광선(Visible Transmittance)과 일사확득계수 등의 광학적 특성을 Table 4.에 명시하였다.

3.3. 시뮬레이션 결과 분석

시뮬레이션 해석 대상으로 선정된 84m² type의 공동주택 평면을 살펴보면, 건축상의 지주가 한 구분씩 구획을 이루는 4 베이(Bay) 형태임을 알 수 있다. 이를 바탕으로 외부 일사를 직접적으로 받을 수 있는 창문의 위치, 일조권과 매우 연관이 깊은 4 Bay에 해당하는 안방(침실1), 침실2, 침실3, 거실(LDK)네 개의 공간을 대상으로 자연채광 성능을 평가하였다. 각 실의 채광성능을 면밀히 분석하기 위해 1개 세대를 기준으로 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 분석은 크게 정적 평가(Static Assessment)와 동적 평가(Dynamic Assessment)로 구분하였다. 정적 자연채광 성능평가 지표인 주광율(Daylighting Factor)과 균제도(Uniformity Ratio), 조도(Illuminance)를 선정하여 담천공(Overcast) 상태에서의 실내의 주광 확보 여부를 평가하였다. 담천공 상태에서 고도에 따른 휘도(Luminance)의 데이터를 Fig.

3.에 나타내었다. 동적 자연채광 성능평가는 유용조도(UDI), 연간 일광노출(ASE), 공간 주광 자율성(sDA)를 선정하여 국외 기준의 만족 여부를 분석하였다.

(1) 정적 자연채광성능 결과 분석

외부조도에 대한 내부조도비의 백분율을 의미하는 주광율은 실내의 주광 확보 가능성을 표현하는 기본적인 척도이다. 주로 휘도분포, 수조점의 기하학적 관계, 실의 형태와 마감에 의해 결정되는데 본 연구에서는 담천공(Overcast Sky) 조건으로 바닥면에서 0.75m 이격된 면을 기준으로 산출하였다. 남향을 기준으로 공동주택 기준세대의 정적 자연채광 성능에 대한 분석 결과를 Table 5.에 나타내었다. 각 실의 평균 주광율은 세대의 가장 우측 자리에 위치한 침실3(Bedroom 3) 2.349%, 침실2(Bedroom 2) 2.233%, 안방(Main Room) 0.501%, 거실(Living Space) 1.210% 순으로 나타났다. 기하학적 형태의 윤곽에 대한 공간적 장애를 가장 받지 않는 침실3의 주광율이 가장 높게 나타났다. 발코니와 대피공간의 존재로 전면부 일사의 유입이 차단되는 안방의 경우가 가장 낮은 주광율을 나타냈다.

작업면 조도의 균일한 정도를 나타내는 지표율 의미하는 균제도(Uniformity Ratio)는 작업면 기준의 최고조도에 대한 최저조도의 비율로 나타낸다. 각 나라마다 산출 방법은 다르나 평균 조도에 대한 최저조도의 비율로도 나타낸다. 본 연구에서는 두 가지 모두를 산출하여 나타내었다. 남향을 기준으로 최고 조도와 최저조도의 비율을 의미하는 균제도 값(Ur)의 경우 침실2와 침실3의 경우에만 0.2를 상회하는 결과를 보여주었다. 안방과 거실에 비해 두 개의 침실에서의 빛 환경 분포가 균일함을 의미한다. 안방과 거실은 균제도 수치가 0.2를 하회하여 심리적 시각 인식에 영향을 주어 실제 조도 레벨보다 낮게 인식할 수 있다. 공동주택 표준모델의 정적 빛 환경 성능 중 조도 값 결과 이미지를 Fig. 3.에 나타내었다. 안방의 경우, 붙어 있는 발코니와 대피공간으로 인해 침실과 거실에 비해 실내 조도 값이 낮게 나타났으며 조도 분포가 고르지 못함을 파악할 수 있다.

자연채광 성능이 가장 좋은 침실3의 방위별 최저 평균 주광율과 최대 평균 주광율은 2.314%, 2.375%로 나타나 방위에 상관없이 고르게 나타난 것으로 나타났다. 이는 침실3의 실내 깊이가 3.6m로 실내 자연채광 가용깊이 5.1m 보다 낮아 일사의 유입이 원활한 것으로 판단된다.

(2) 동적 자연채광성능 결과 분석

공동주택 건물의 자연채광 성능을 분석하기 위해 기후 기반 주광 모델링(CBDM)을 통해 일사량, 운량, 온도, 습도 등의 표준기상데이터를 활용하여 공간 주광 자율성(sDA), 연간 일광 노출(ASE), 실내 유용조도(UDI)의 동적 자연채광 성능에 대하여 분석하였다. 표에 분석 결과를 나타내었다. 동적 자연 채광 성능지표 중 공간 주광 자율성(sDA) 결과를 분석한 결과를 살펴보면, 방위별 침실2와 침실3공간의 sDA 값은 54%에서 94%내로 나타났다. 이는 연간 재실자가 거주하는 총 시간의 50%에 해당하는 시간 중 300lux 를 초과하는 바닥 면적의 비율이 50% 넘어야 하는 USGBC의 LEED Daylight 평가항목의 sDA_{300,50} 기준을 충족하는 것으로 나타났다. 낮 시간 동안의 빛에

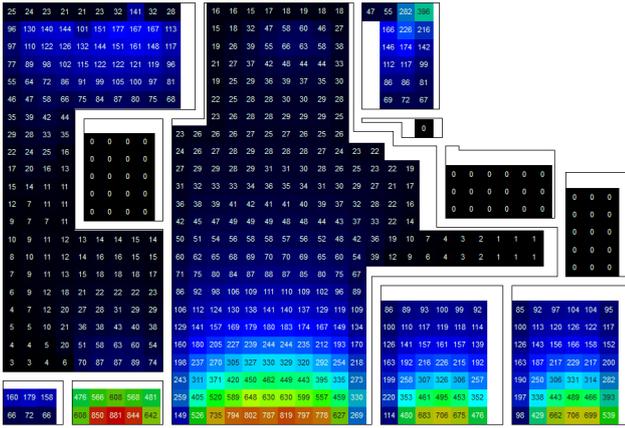


Fig. 4. Illuminance(Lux) of Apartment Housing Unit @South

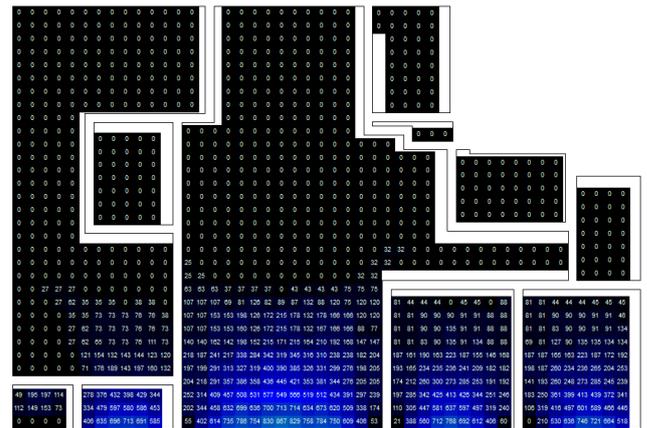


Fig. 6. ASE Map of Apartment Housing Unit @ South

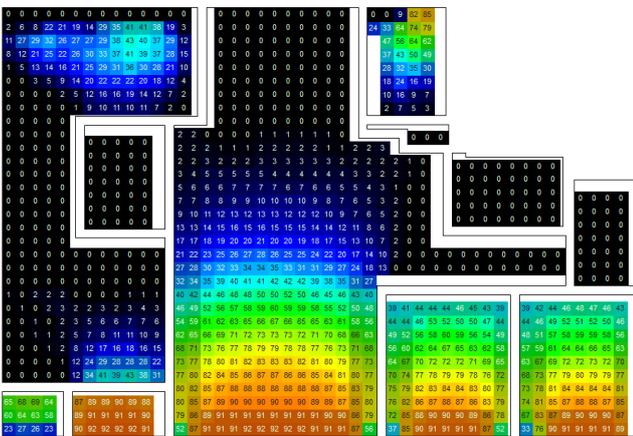


Fig. 5. sDA Map of Apartment Housing Unit @ South

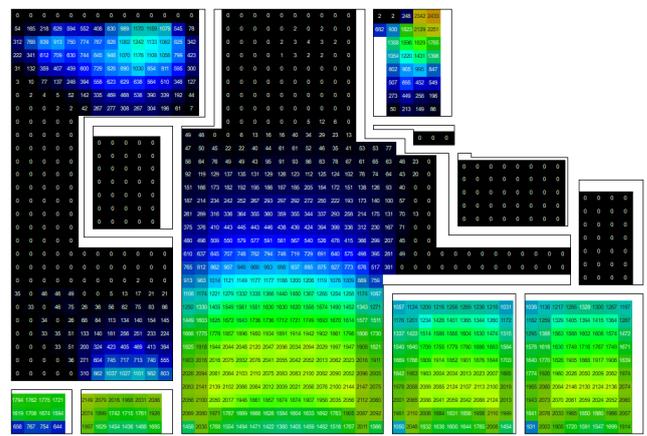


Fig. 7. UDI Map of Apartment Housing Unit @ South

대한 노출은 개인의 인지기능, 신체활동, 수면의 질을 향상시킬 수 있다. 이러한 점을 고려할 때, 재실자의 재택근무가 필요한 경우 낮에도 전등에 의존하는 실내 환경에서 벗어날 수 있도록 침실2 또는 침실3에 재택근무공간을 마련하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 국제 웰 빌딩 연구원(International WELL Building Institute)에서 운영하고 있는 WELL 인증에서는 sDA_{200,40} 기준을 제시하고 있다. 전체 분석 기간 중 40%에 해당하는 기간 동안에 최소 조도 200lux를 확보하는 전용공간의 바닥면적이 최소 30%를 넘어야 함을 강조하고 있으며 이 기준은 LEED의 기준보다는 완화된 것으로 판단된다. 안방의 경우, sDA_{300,50} 및 sDA_{200,40} 기준 모두 충족하지 못하는 것으로 나타났다. 남향, 남서향, 남동향의 거실 공간만 sDA_{200,40}의 기준을 충족하는 것으로 나타났다. 자연광으로부터 발생할 수 있는 현휘로 인한 시각 불쾌감의 발생여부를 평가하기 위하여 연간 일광 노출(ASE)에 대해 분석하였다.

현휘(Glare)란 시야내에 고휘도의 광원이 있을 때나 광원과 그 주위가 강한 휘도대비가 있어 시야내의 대상을 알아보기 어렵게 하거나 불쾌감을 유발하는 현상을 말한다[3]. 현휘 관리는 자연채광과 조명설계의 필수적인 부분이다. 현휘는 시각적 불쾌감과 눈의 피로에서 오는 두통, 편두통에 이르는 건강문제와 관련이 있다[15]. 연구에 따르면 현휘는 근무 중 사고가 날 수 있는 시력 장애 및 불편함을 유발한다[16]. 50세 이하의 사람들은 현휘에 보다 민감하다. 재택근무하는 많은 인력이 이 연령대에 속하기 때문에 시각적 피로와 눈

부심으로 인한 두통을 피하기 위해서는 현휘 문제해결이 중요하다.

문헌고찰을 통해 선정된 LEED와 WELL의 현휘 평가 지표인 ASE_{1000,250}은 연간 250시간 이상 직사광선이 1000lux를 초과하는 바닥 면적이 10%미만의 기준을 제시하고 있다. 시뮬레이션 분석 결과, 안방, 침실, 거실 모두 ASE_{1000,250}을 초과하였다. 일사의 유입이 많은 침실2와 침실3의 경우, 방위별 차이는 있으나 연간 250시간 이상 직사광선이 1000lux를 초과하는 바닥 면적이 100%로 나타났다. ASE_{1000,250}의 기준을 충족을 통해 현휘의 발생을 감소시킬 수 있지만 많은 부분의 일사유입이 되지 않아 어두운 공간을 발생시킬 수 있다. ASE_{1000,250}의 기준을 충족시키기 위해서는 창 면적 축소, 유리의 높은 가시광선 투과율, 차양장치, 광선판 등을 고려해야 할 것이다. Jianxin Hu(2014)는 ASE_{1000,250}의 기준을 만족하기 위해서는 창면적의 축소와 북쪽 방향의 건물 배치 가 필요하다고 언급했다[17]. Mohsenin(2015)은 비실용적이고 엄격한 ASE_{1000,250}의 기준을 수정해야 할 필요가 있다고 언급하였다[18]. 기존 연구에서 언급한 바와 같이 ASE_{1000,250} 기준을 충족하기는 어려운 것으로 판단된다. 결과적으로 공간 주광 자율성(sDA)와 연간 일광 노출(ASE)의 동적 자연채광 성능을 상호 보완적인 지표로 간주하여 실의 주광을 분석할 필요가 있다.

세 번째 동적 자연채광 성능 지표인 실내 유용 조도(UDI)를 분석하였다. 실내 유용 조도는 재실자가 유용하다고 여기는 범위 내에 있는 작업면 전체에 걸쳐 발생하는 연간 조도 분포를 나타낸다. 자연광

Table 5. Simulation Results of Static Daylighting Performance

Credit	Room	Regularly Occupied Space			
		Main Room (26.7m ²)	Bedroom 2 (8.7m ²)	Bedroom 3 (8.4m ²)	Living Space (47.9m ²)
North (N)	Minimum DF (%)	0.035	0.763	0.645	0.009
	Maximum DF (%)	1.788	7.78	7.399	8.608
	Average DF (%)	0.497	2.273	2.344	1.213
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.071	0.336	0.275	0.007
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.02	0.098	0.087	0.001
	Min Illuminance (lux)	3.52	76.34	64.6	0.88
	Max Illuminance (lux)	178.96	778.72	740.58	861.68
North East (NE)	Minimum DF (%)	0.032	0.78	0.616	0.008
	Maximum DF (%)	1.797	7.578	7.424	8.591
	Average DF (%)	0.496	2.316	2.353	1.197
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.066	0.337	0.262	0.007
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.018	0.103	0.083	0.001
	Min Illuminance (lux)	3.25	78.08	61.68	0.83
	Max Illuminance (lux)	179.88	758.51	743	859.75
East (E)	Minimum DF (%)	0.055	0.903	0.922	0.088
	Maximum DF (%)	1.875	4.22	4.112	5.71
	Average DF (%)	0.541	2.246	2.314	1.226
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.101	0.402	0.398	0.072
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.029	0.214	0.224	0.015
	Min Illuminance (lux)	5.49	90.4	92.25	8.82
	Max Illuminance (lux)	187.64	422.41	411.48	571.44
South East (SE)	Minimum DF (%)	0.065	0.901	0.957	0.081
	Maximum DF (%)	1.681	4.136	4.225	5.584
	Average DF (%)	0.495	2.24	2.369	1.186
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.131	0.402	0.404	0.069
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.039	0.218	0.226	0.015
	Min Illuminance (lux)	6.5	90.15	95.74	8.16
	Max Illuminance (lux)	168.31	413.96	422.84	558.86
South (S)	Minimum DF (%)	0.048	0.897	0.931	0.086
	Maximum DF (%)	1.736	4.088	4.211	5.66
	Average DF (%)	0.501	2.233	2.349	1.210
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.095	0.402	0.396	0.071
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.028	0.219	0.211	0.015
	Min Illuminance (lux)	4.78	89.77	93.2	8.65
	Max Illuminance (lux)	173.73	409.17	421.4	566.5
South West (SW)	Minimum DF (%)	0.052	0.901	0.876	0.085
	Maximum DF (%)	1.764	4.153	4.139	5.579
	Average DF (%)	0.488	2.254	2.319	1.217
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.107	0.4	0.378	0.07
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.030	0.217	0.212	0.015
	Min Illuminance (lux)	5.21	90.18	87.71	8.48
	Max Illuminance (lux)	176.53	415.66	414.24	558.29
West (W)	Minimum DF (%)	0.031	0.763	0.679	0.008
	Maximum DF (%)	1.824	7.537	7.628	8.552
	Average DF (%)	0.516	2.287	2.352	1.184
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.060	0.334	0.289	0.007
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.017	0.101	0.089	0.001
	Min Illuminance (lux)	3.09	76.37	67.98	0.83
	Max Illuminance (lux)	182.53	754.52	763.36	855.91
North West (NW)	Minimum DF (%)	0.035	0.767	0.692	0.009
	Maximum DF (%)	1.831	7.831	7.453	8.55
	Average DF (%)	0.506	2.266	2.375	1.232
	Uniformity Ratio 1(Min/Avg)	0.07	0.338	0.291	0.008
	Uniformity Ratio 2(Min/Max)	0.019	0.098	0.093	0.001
	Min Illuminance (lux)	3.54	76.71	69.27	0.92
	Max Illuminance (lux)	183.21	783.72	746.05	855.72

Table 6. Simulation Results of Dynamic Daylighting Performance

Credit	Room	Regularly Occupied Space							
		Main Room (26.7m ²)		Bedroom 2 (8.7m ²)		Bedroom 3 (8.4m ²)		Living Space (47.9m ²)	
		m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%
North (N)	sDA _{200,40}	9.88	37	8.7	100	8.4	100	15.85	33.13
	sDA _{300,50}	7.57	28.35	4.79	54.76	4.81	57.14	9.72	20.31
	ASE _{1000,250}	25.86	96.85	8.7	100	8.4	100	47.9	100
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	6.01	22.84	4.99	57.14	4.81	57.14	10.02	20.94
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	11.77	44.09	8.7	100	8.4	100	28.27	59.1
North East (NE)	sDA _{200,40}	9.88	37	8.7	100	8.4	100	15.85	33.13
	sDA _{300,50}	4.42	16.54	5.62	64.29	4.81	57.14	10.02	20.94
	ASE _{1000,250}	26.7	100	8.7	100	8.4	100	47.9	100
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	2.52	9.45	5.62	64.29	5.05	60	10.02	20.94
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	11.77	44.09	8.7	100	8.4	100	27.37	57.19
East (E)	sDA _{200,40}	9.46	35.43	8.7	100	8.4	100	16.15	33.75
	sDA _{300,50}	1.05	3.94	6.45	73.8	6.73	80	11.52	24.06
	ASE _{1000,250}	26.7	100	8.11	82.86	7.45	88.57	45.02	94.06
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	0.42	1.58	6.04	69.05	6.25	74.29	11.37	23.75
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	11.98	44.88	8.7	100	8.4	100	30.81	64.38
South East (SE)	sDA _{200,40}	8.62	32.28	8.7	100	8.4	100	20.34	42.5
	sDA _{300,50}	0	0	7.70	88.10	7.21	85.71	13.76	28.75
	ASE _{1000,250}	26.70	100	5.83	66.67	5.53	65.71	41.88	87.50
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	0	0	7.49	85.71	7.21	85.71	13	27.19
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	12.4	46.46	8.7	100	8.4	100	33.5	70
South (S)	sDA _{200,40}	8.83	33.07	8.7	100	8.4	100	19.74	41.25
	sDA _{300,50}	0	0	7.91	90.48	7.94	94.3	13.31	27.8
	ASE _{1000,250}	26.7	100	6.45	73.81	6.01	71.43	41.88	87.5
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	12.19	45.67	8.7	100	8.42	100	32.16	67.2
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	12.19	45.67	8.7	100	8.42	100	32.16	67.2
South West (SW)	sDA _{200,40}	8.86	32.28	8.7	100	8.4	100	20.34	42.5
	sDA _{300,50}	0	0	7.70	88.10	7.21	85.71	13.76	28.75
	ASE _{1000,250}	26.7	100	5.83	66.67	5.53	65.71	41.88	87.5
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	0	0	7.49	85.7	7.21	85.71	13.01	27.19
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	12.4	46.46	8.7	100	8.4	100	33.5	70
West (W)	sDA _{200,40}	9.25	34.65	8.7	100	8.4	100	17.80	37.19
	sDA _{300,50}	1.261	4.724	6.24	71.43	6.01	71.43	11.37	23.75
	ASE _{1000,250}	26.7	100	8.32	95.24	8.18	97.14	46.07	96.25
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	0.841	3.15	6.24	71.43	6.01	71.43	11.37	23.75
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	11.98	44.88	8.7	100	8.4	100	32.01	66.88
North West (NW)	sDA _{200,40}	9.88	37.01	8.7	100	8.4	100	15.85	33.16
	sDA _{300,50}	4.84	18.11	4.99	57.14	5.05	60	10.02	20.94
	ASE _{1000,250}	26.7	100	8.7	100	8.4	100	47.9	100
	UDI ₃₀₀₋₃₀₀₀	2.94	11.02	4.99	57.14	5.05	60	10.17	21.25
	UDI ₁₀₀₋₂₀₀₀	11.98	44.88	8.7	100	8.4	100	29.32	61.25

이 충분하지 않거나 혹은 눈부심의 위험을 초래할 수 있는 과도한 직사광선이 있을 때는 제외한다. 따라서 실내 유용 조도(UDI)는 유용한 일광 조도에 대한 정보를 제공할 뿐만 아니라 눈부심(Glare), 재실자의 불쾌감 및 원치 않는 태양광의 유입과 관련된 과도한 일광치(Level of daylighting)의 경향에 대한 수준을 제공한다. 본 연구에서는 실내 유용 조도를 2가지로 구분하여 분석하였다. 적정 실내조도 범위를 100~200lux 범위와 300~3000lux 범위로 구분하여 연중 일과 시간 내 총 실내조도 발현 시간의 합(%)을 분석하였다. 기존 연구 결과 및 LEED의 기준에서 일과 시간 동안 적정 실내 조도 범위를 만족하는 시간의 비율이 80% 이상을 제시하고 있다. 분석 결과를 살펴보면, 남향과 남서향, 남동향의 침실2와 침실3의 실내 유용 조도 기준 UDI300~3000, UDI100~2000를 모두 만족하는 것으로 나타났다

다. 정적 및 동적 자연채광성능을 분석한 결과, 침실2와 침실3의 자연채광성능이 가장 우수한 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구는 주거건물의 면역건물 모델 구현을 위하여 건축환경 분야 중 빛 환경의 자연채광 성능을 분석하여 재실자의 건강성을 향상시키는 것을 목표로 하였다. 면역건물에 필요한 자연채광 성능을 확보하여 재실자의 수면 질을 향상시키고 인간의 24시간 주기 생체리듬을 유지할 수 있는 방안에 대해서 정적 자연채광 성능과 동적 자연채광성능을 분석하였다. 주거건물의 표준모델은 공동주택 84m²의

평면을 선정하였다. 단위세대 모델링을 통한 자연채광 시뮬레이션을 통해 주광율과 균제도, 공간 주광 자율성, 연간 일광 노출, 실내 유용 조도를 분석하였다. 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 담천공 상태에서의 각 실 평균주광율의 방위별 평균은 침실3 2.31%, 침실2 2.26%, 거실 1.18%, 안방 0.51%로 나타났다. 최저 주광율은 0.488%로 남서향 안방에서 나타났으며 최대 주광율은 2.375%로 북서쪽 침실3에서 나타났다. 자연채광 가용깊이가 충분한 침실3의 북서향의 낮은 외부조도 대비 높은 내부 조도로 인한 것으로 나타났다.

2) 각 실의 균제도 분석결과를 살펴보면, 방위별 균제도 평균값 (Uniformity Ratio 1_Min/Avg)은 침실2 0.369, 침실3 0.337, 안방 0.088, 거실 0.039 순으로 나타났다. 실내 작업면과 주변의 밝기가 어느 정도 균일한지를 판단하고 재실자에게 시각적 피로도를 경감시키기 위하여 적절한 밝기의 차이를 균제도 0.3범위로 정하고 있다. 영국의 Building Research Establishment(BRE)의 BREEAM인증 기준 중 Health and Wellbeing 01 - Visual comfort의 평가기준에서도 균제도 수치를 0.3으로 제시하고 있다. 이 수치에서 가장 근접한 실내공간은 침실3으로 나타나 다른 공간보다 작업면의 밝기가 가장 균일한 것으로 나타났다.

3) 동적 자연채광 성능지표 중 공간 주광 자율성(sDA) 분석 결과를 LEED인증 기준으로 살펴해보았다. 연간 재실자가 거주하는 총 시간의 50%에 해당하는 시간 중 300lux를 초과하는 바닥 면적의 비율이 50% 넘어야 하는 USGBC의 LEED Daylight 평가항목의 sDA_{300,50} 기준을 충족하는 공간은 침실2와 침실3으로 나타났다.

4) LEED인증과 WELL인증 기준에서는 현회 평가 지표로 ASE_{1000,250}으로 평가하고 있다. 연간 250시간 이상 직사광선이 1000lux를 초과하는 바닥 면적이 10%미만의 기준을 제시하고 있다. 본 연구에서 분석한 주거모델의 공간은 이 기준을 충족시키지 못하는 것으로 나타났다.

위의 분석 결과를 바탕으로 재실자의 면역력 증가와 건강 회복을 위해 필요한 자연채광성능이 가장 우수한 공간은 침실로 나타났다. 너비 1.8m, 높이 2.2m의 창호가 적용된 침실의 벽면적 대비 창면적 비율은 약 84%로 높게 나타나 일사의 유입이 많을 수 있음을 의미한다. 지속적으로 강화되고 있는 건축물의 에너지절약설계기준의 지역별·부위별 열관류율 기준을 만족하기 위해 설정한 창호의 광학적 특성 중 가시광선 투과율은 0.341이다. 창호 단열성능 강화와 자연채광성능은 일반적으로 반비례 관계가 있다. 이러한 점을 고려할 때, 법적 단열 의무사항을 고려한다면 창 면적 크기를 증가시켜 자연채광성능을 향상시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 실내의 주광에 대한 이용은 건축과 외관 디자인에서부터 실내디자인 및 레이아웃에 이르기까지 건축계획의 전 단계에서 고려되어야 한다. 실내 공간의 인테리어 디자인과 계절적 변이를 의미하는 주광권의 계산은 주광 노출에 대한 적절한 이용을 사용자에게 보장하기 위한 것이다. 연구 결과를 토대로 재실자의 회복에 도움을 기하고 때로는 자가 격리시 주거내에서 생산성을 향상시킬 수 있는 면역 주거건물의 빛 환경을 구현하기 위해서는 자연채광 가용깊이와 창호의 광학적 특성, 창면적비를 선행적으로 분석해야 한다. 더 나아가 지역적 기후환경과 다양한 주거평면 등에 대한 조사 및 분석, 그리고 이를 기반으로 실내 환경의 분석과 해석에 대한 연구가 필요하다.

References

- [1] 이세원, 이정선, 김수란, 교육시설 친환경 인증에서 실내 빛 환경 항목 개선방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제34권 제5호, 2018.05, pp.61-69. // (S.W. Lee, K.S. Lee, S. Kim, A study on the improvement method of indoor light environment items in environmental certification for educational facilities focusing on G-SEED, LEED, BREEAM, CASBEE, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 34(5), 2018.05, pp.61-69.)
- [2] 박경대, 이윤경, sDA와 ASE 일조지표 적용 Monitor형 아트리움 조도 환경 최적설계, 대한건축학회논문집 계획계, 제32권 제5호, 2016.08, pp.61-69. // (J.D. Park, Y.K. Lee, Design optimization of atria with monitor skylight for assessing spatial daylight autonomy & annual solar exposure, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 32(5), 2016.08, pp.61-69.)
- [3] 김경아, 김강수, RADIANCE 프로그램을 이용한 창면 블래글레어 평가에 관한 연구, DGI 평가법을 중심으로, 대한건축학회논문집 계획계, 제21권 제9호, 2009.09, pp.229-236. // (K.A. Kim, K.S. Kim, Evaluation of discomfort glare caused by windows using RADIANCE program, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 21(9), 2009.09, pp.229-236.)
- [4] 고동환, 기상데이터 기반 동적 자연채광 시뮬레이션을 이용한 유용조도 분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제26권 제6호, 2010.06, pp.321-331. // (D.H. Ko, Analysis of Useful Daylight Illuminance(UDI) by dynamic daylight simulation using weather data, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, 26(6), 2010.06, pp.321-331.)
- [5] 최상곤, UVGI와 멀티존 해석을 이용한 면역건물에 관한 연구, 경원대학교 대학원, 건축설비공학, 2007. // (S.G. Choi, The study on the immune building by using UVGI and multi-zone analysis, Department of Architectural Equipment Engineering of Kyungwon University, Doctoral Dissertation, 2007.)
- [6] 홍진관, 면역 건물 기술, 공조 냉동 위생 한국설비기술협회지, 제25권 제4호 2008. // (J.K. Hong, Immune building technology, Journal of Korean Association of Air Conditioning Refrigerating and Sanitary Engineers, 25(4), 2008.)
- [7] 이윤규, 건강친화형주택 건설기준의 주요 내용 해설, 한국설비기술협회 설비/공조·냉동·위생 특집원고, 제31권 제2호, 2014. // (Y.G. Lee, Explanation of the construction standards for health-friendly housing, Journal of Korean Association of Air Conditioning Refrigerating and Sanitary Engineers, 31(2), 2014.)
- [8] Boubekri M, Cheung IN, Reid KJ, Wang C-H, Zee PC, Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: A case-control pilot study, J Clin Sleep Med, 10(6), 2014, pp.603-611.
- [9] Lam RW et al., Efficacy of bright light treatment, fluoxetine, and the combination in patients with nonseasonal major depressive disorder, JAMA Psychiatry, 73(1), 2016, p.56
- [10] Alimoglu MK, Donmez L., Daylight exposure and the other predictors of burnout among nurses in a university hospital, Int J Nurs Stud, 42(5), 2005, pp.549-555.
- [11] Illuminating Engineering Society, IES LM-83-12 approved method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), 2012.
- [12] International WELL Building Institute, WELL Building Standard v2, 2020.
- [13] Mardaljevic, J., Verification of program accuracy for illuminance modeling: assumptions, methodology and an examination of conflicting findings, Lighting Research & Technology, 36, 2004, pp.217-242.
- [14] 한국토지주택공사, 2018 LH일반분양주택 주력평면 매뉴얼, 2018. // (Korea Land & Housing Corporation(LH), 2018 LH main floor plan manual of apartment complexes for installment sale, 2018.)
- [15] Mainster MA, Turner PL, Glare's causes, consequences, and clinical challenges after a century of ophthalmic study, Am J Ophthalmol, 153(4), 2012, pp.587-593.
- [16] Wolska A, Sawicki D, Evaluation of discomfort glare in the 50+ elderly: experimental study, Int J Occup Med Environ Health, 27(3), 2014, pp.444-459.
- [17] Jianxin Hu, Wane Place, using diva for assessing climate-based leed daylight credit, Conference: The 43rd Annual National Solar Conference, 2014.

- [18] Mahsan Mohsenin, Jianxin Hu, Assessing daylight performance in atrium buildings by using climate based daylight modeling, *Solar Energy*, 119, 2015, pp.553-560.