



리모델링에 의한 공동주택의 주광 성능 향상 분석

Daylighting performance enhancement of an apartment building by remodeling

한현주* · 오승진** · 김영민*** · 임상훈****

Hyun-Joo Han* · Seong-Jin Oh** · Yeong-Min Kim*** · Sang-Hoon Lim****

* Department of Architectural Engineering, Jeju National University, South Korea (hjhan@jeju.ac.kr)

** Clean Innovation Technology Group (Jeju Regional Division), Korea Institute of Industrial Technology (KITECH) (seungjin5111@gmail.com)

*** Department of Nuclear and Energy Engineering, Jeju National University, South Korea (km820426@jeju.ac.kr)

**** Department of Nuclear and Energy Engineering, Jeju National University, South Korea (shlim@jeju.ac.kr, Corresponding author)

ABSTRACT

Purpose: Good daylighting design in buildings contributes to energy saving as well as various potential benefits, including enhancement of mood, health, the quality of the luminous environment, etc. Especially, if appropriate daylighting strategies are applied, more natural light can be brought into spaces with less-daylit areas. This work presents how daylighting could be improved in an apartment building by remodeling to allow deeper daylight penetration from its south facade. **Method:** Glass walls and windows instead of non-bearing walls were applied to introduce natural light through the window at the south facade by remodeling. First, daylighting performance was analyzed by taking measurements for the room facing north before its remodeling. It was, then, followed by RADIANCE simulation of the room after remodeling. **Result:** The results demonstrated that, after remodeling, more daylight was available indoors, which resulted in an enhanced visual environment. Also, these results could be useful as basic data to devise effective schemes for daylighting methods in the early stages of design. Well-integrated daylighting strategies enable energy savings in buildings by utilizing natural light.

KEYWORD

Remodeling
Glass Walls and Windows
Daylighting Performance
Measurement
Simulation

리모델링
유리벽 및 창문
주광 성능
측정실험
시뮬레이션

ACCEPTANCE INFO

Received Mar 6, 2019
Final revision received Apr 11, 2019
Accepted Apr 16, 2019

© 2019 KIEAE Journal

1. 서론

국가적인 차원에서 추진 중에 있는 제로에너지건축물(ZEB) 인증 제도는 2017년 1월 20일부터 최초 도입하여 단계별 로드맵 수립을 통해 2020년 공공건물의 제로에너지 빌딩(ZEB) 의무화, 2025년 민간건물까지 적용 범위를 확대하여 건축물의 제로에너지화를 달성하고자 하고 있다. 국내의 건물분야의 에너지 소비는 지속적으로 증가하고 있으며 총 에너지 소비량의 23%가 건물 부문이고 주거용 건물에서 54%의 에너지가 소비되는 것을 고려해 볼 때 주거용 건축물의 환경부하와 에너지 부하를 최소화 할 수 있는 정책이 요구되고 있다 [1, 2]. 도심의 주거비용 상승과 교통수단의 발달로 직장인의 주거지가 도시외곽으로 옮겨가는 추세이고 자족도시로 계획·건설된 신도시까지 베드타운화 되는 경향이 있어 주거용 건물을 다양한 용도로 활용하여 동절기 난방에너지와 하절기 냉방에너지 절감을 하여야 한다. 그리고 국내의 노후화된 공동 주택은 선진국에 비하여 준공 후 경과 년 수가 짧으나 다양한 요인에 의해 재건축 및 해체되고 있으며 재건축된 건축물의 대부분이 20년 미만으로 것으로 나타나고 있다. 재건축은 기존 건축물의 철거(撤去)로 다량의 건설 폐기물을 배출하여 환경오염 및 자원 고갈의 문제를 유발하고, 건설자원의 낭비로

인하여 국가건설 경쟁력이 더욱 취약하게 되어 결과적으로 경제적 손실 뿐 아니라 사회적 환경적인 측면에서 심각한 상황에 직면하게 된다 [3]. 신축 건물의 제로카본과 제로에너지화는 국내외적으로 중요한 이슈가 되고 있는데 건물 부문의 에너지 절감을 하기 위해서는 전체 건축물 중 97%를 차지하는 기존 건물의 에너지 성능 향상이 시급한 실정이고 신축 건물 뿐만 아니라 기존 건축물의 보다 효과적인 에너지절감과 탄소저감(Carbon Abatement)정책에 비중을 두어 정책을 수행하여야 할 것이다 [4, 5]. 내구 년 수가 지나지 않은 건축물에 대한 재개발·재건축 규제를 강화하고 리모델링을 제도적으로 권장하여 지속 가능한 친환경 건축물을 구현하도록 하여야 한다. 또한, 재건축이 요구되는 공동주택이 단지별로 순조롭게 사업시행이 진행되지 않아 단위 세대별로 주거환경성능 개선에 그치는 경우가 대부분이라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 노후화된 공동주택 리모델링으로 실내 주광 성능을 개선하여 거주자들에게 건강하고 쾌적한 공간을 제공하고 조명에너지를 절감할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

국내의 주거 형태는 공동주택이 전체 주택의 71%를 차지하고 있으며 경제성과 유지 및 관리의 효율성 때문에 고밀도 공간을 창출하

는 아파트가 가장 선호하는 주거 형식이라고 할 수 있다. 1980년대 이후 건설된 노후화된 아파트 대부분은 재건축을 추진 중에 있거나 재건축이 진행되고 있는데 다수의 경우에 리모델링이나 재건축은 순조롭게 진행되지 않고 있다. 노후화된 공동주택은 재건축이나 리모델링의 사업 시행이 지연되는 경우 대부분 초기 수준으로 각 세대 별 내부의 노후화 된 주요 자원의 개별적인 개조(Alteration)나 부분적인 리모델링을 실시하고 있다. 2020년 이후에 신축건물은 점차 감소하여 리모델링이 전체 건설시장의 30% 이상을 차지하게 되어 전체 건설시장에서 리모델링 시장은 꾸준히 성장할 것으로 전망된다. 건축물 기능의 노후화를 극복함과 동시에 변화되는 사회적 욕구를 충족시킬 수 있도록 건축물의 성능이나 기능을 적극적으로 향상시키는 것만을 현행법으로 리모델링이라 정의하고 있다. 이는, 신축에 대비되는 개념으로 건물의 유지·관리·개수와 관련되는 모든 활동을 포괄하며 기존 건축물의 통합적 성능 개선으로 주거의 질을 향상시켜 거주자의 건강과 쾌적성 및 생산성 증진과 건축물의 가치를 상승시키는 것이라 할 수 있다. 선진국에서는 국가 차원에서 지속적으로 노후화된 공동주택의 건물의 수명 연장과 성능 개선을 위한 분석 및 연구를 토대로 거주자의 경제적 수준과 요구를 폭넓게 수용하여 주거환경개선을 위한 리모델링이 활발히 추진되고 있다.

리모델링의 개념은 각 나라마다 쓰는 용어가 다르며 유럽의 경우에는 레노베이션(Renovation), 현대화(Modernization)등의 용어가 복합적인 개념으로 사용되고 있고 리모델링(Remodeling), 레노베이션(Renovation) 및 레트로피트(Retrofit) 등은 미국에서, 리폼(Reform)이라는 용어는 일본에서 가장 많이 사용되고 있다. 국내에서는 리모델링과 레노베이션등이 주로 사용되고 있으며 레노베이션은 건물의 성능 개선에 주안점을 두는 반면, 리모델링은 이를 포함하여 건물의 구조 변경까지를 포함하여 보다 폭 넓은 의미로 사용되고 있다. 건물 성능 개선을 위한 리모델링의 유형은 구조적, 기능적, 경제적, 미관적, 환경적, 에너지 효율적 성능 개선으로 분류할 수 있다. 또한, 건물 성능 개선효과는 건물의 통합적 특성 때문에 기능적, 구조적, 미관적, 환경적 성능이나 에너지 성능 개선 등의 모든 분야에 영향을 미치게 되며 성능 개선을 통하여 결과적으로 건축물의 경제성과 건물의 가치를 상승시키게 된다 [6-10]. 자연광을 실내 조명원으로 활용하기 위한 리모델링은 거주자의 시각적, 생리적, 심리적인 측면을 고려한 통합적인 접근이 요구되며, 환경 및 에너지 성능 개선은 주광 성능 향상으로 에너지 효율적인 건축물로 거듭나게 되어 에너지 제로화 달성을 위한 한 방안이 될 수 있다 [11].

3. 리모델링

노후화된 아파트의 리모델링은 많은 제약이 있어 다수의 경우에 각 주호 별(apartment unit)로 실내 환경성능 개선(Improving Performance of indoor Environment)측면에서 진행되고 있다고 할 수 있다. 효율적인 주광설계는 실내의 쾌적한 시환경 증진과 에너지 절약에 상당한 영향을 미치므로 리모델링은 통합적인 접근이 요구된다. 아파트 거주자들의 대부분은 실내로 자연광의 유입이 최대한 가능하도록 남향으로 배치된 아파트를 선호하고 있다. 그런데, 건물 전면이 남향으로 배치된 경우, 남측공간에 충분한 일조와 일사

유입이 가능하지만 적절한 차광 장치 등을 설치하지 않으면 현휘 발생으로 인하여 불쾌글레어를 유발할 수도 있다. 특히, 조망권 확보와 공간 활용을 위한 확장형 발코니의 전창은 쾌적한 시환경 조성에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있다. 그러므로, 북쪽에 위치한 공간을 서재, 공부방 및 재택 근무를 위한 오피스 공간 등으로 활용하게 되면 이러한 문제점들을 해결하기 위한 한 방안이 될 수 있다. 국내의 리모델링이 요구되는 노후화된 아파트들과 2000년대 이후부터 현재까지 국민주택규모(85m²이하)의 공동주택은 다수의 경우에 향이 남향으로 배치되어 있고 이 경우에 거실과 침실 2개를 전면 배치하고 침실 1개를 북측에 배치하는 유형이 과반 수 이상을 차지하고 있다. 노후화된 아파트의 대부분은 판상형 구조로 남향에 가깝게 배치 되어 있으며 판상형의 남향으로 배치되어 있는 3-LDK 유형의 욕실은 창호가 없는 무창 공간으로 북측과 남측 공간 사이에 배치하고 있다. 또한, 아파트 북측에 배치된 공간은 대부분 실내에 자연광 유입이 미미하며 공간의 위치, 크기, 개방감 등을 고려해 볼 때 다수의 가구에서 만족도가 낮은 것으로 파악 되었다. 북측에 배치된 공간은 4인 가구인 경우 주로 자녀가 서재, 취미실, 옷방 등으로 사용하고 있으며 리모델링에 의한 주광 성능 향상으로 공간의 효율적인 활용이 가능하도록 해야 할 것이다[12-17].

본 연구에서는 1980년대 초반에 지어져 재건축이나 리모델링이 요구되고 있는 남향으로 배치된 판상형의 M 아파트의 한 유닛의 리모델링을 실시하였다. 아파트의 주광 성능 향상을 위해 욕실의 부분적인 리모델링으로 확장 및 기능의 변화를 주어 양측 출입이 가능하도록 하여 개방감과 편리성을 꾀하였다. 또한, 욕실과 아파트의 북측에 배치된 공간의 주광 성능 향상을 위해 욕실의 비내력벽을 유리벽, 유리문으로 교체하여 남측면에서 실내로 조사되는 주광의 유입이 북측 공간으로 가능하게 하였다. Fig. 1. 리모델링 전과 후의 평면도이다.



Fig. 1. Floor plan before(above) and after(bottom) remodeling

4. 측정실험

본 연구에서 리모델링 전의 M아파트의 북쪽에 위치한 3.8 x 3.7 x 2.4m 공간을 실험대상 공간으로 정하였다. 평균조도를 측정할 수 있는 측정방법은 KS 5점법, IES 4점법, 다점법 등으로 분류된다. 측정 방법들 중에 다점법의 특징은 다수의 측정점의 설치로 세밀한 조도분석이 가능하고 시뮬레이션의 결과값과 가장 근접한 결과값을 얻게 된다 [18]. 본 실험에서는 청천공 상태에서 총 9개의 Li-cor사의 센서를 설치하여 다점법으로 평균 조도값을 구하였다. 외부 일사량 측정은 Epply사의 PSP(Precision Spectral Pyranometer)로 1개소를 설치하고, Data Logger와 연결해 주는 단자채널을 labview 프로그램으로 PC로 전송하여 데이터를 취득하였다. 데이터는 1초 간격으로 측정이 가능하도록 하여 조도값을 1분 동안의 평균값으로 산정하였다.

측정 실험 공간, 내부 조도 센서 및 실내 측정점 기기는 Fig. 2.와 같다.

채광 특성을 평가하기 위하여 실내 및 외부 조도를 동시에 측정하였고, 실내 조도는 바닥면에서 외부조도는 창호 외부에서 전천공으로부터의 수평면 조도를 측정하였다. 실험대상 공간의 광학적 특성을 결정하는 내부 구성요소의 반사율 측정치는 Table 1.과 같다.

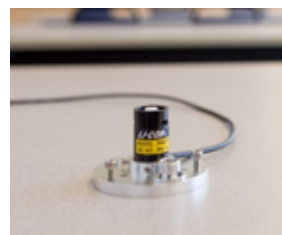
Table 1. Specification of the measured surfaces in the room

Physical Surfaces	Reflectance Value(%)
floor	84
walls	67
glazings	70, 50
ceiling	75
door	50
furniture	90

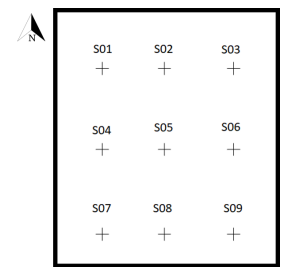
Fig. 3.은 리모델링 전의 측정실험 결과로 실내 조도 분포에 외부 일사량이 직접적으로 영향을 받지 않고 있다는 것을 보여주고 있다. 즉, 공간의 남측으로 외부 직사광의 실내 유입이 차단되어 북쪽 창



(a) north facing space before remodeling



(b) Li-cor photo-sensor



(c) sensor locations for measurements



(d) Data logger



(e) Labview

Fig. 2. Photometric measurements

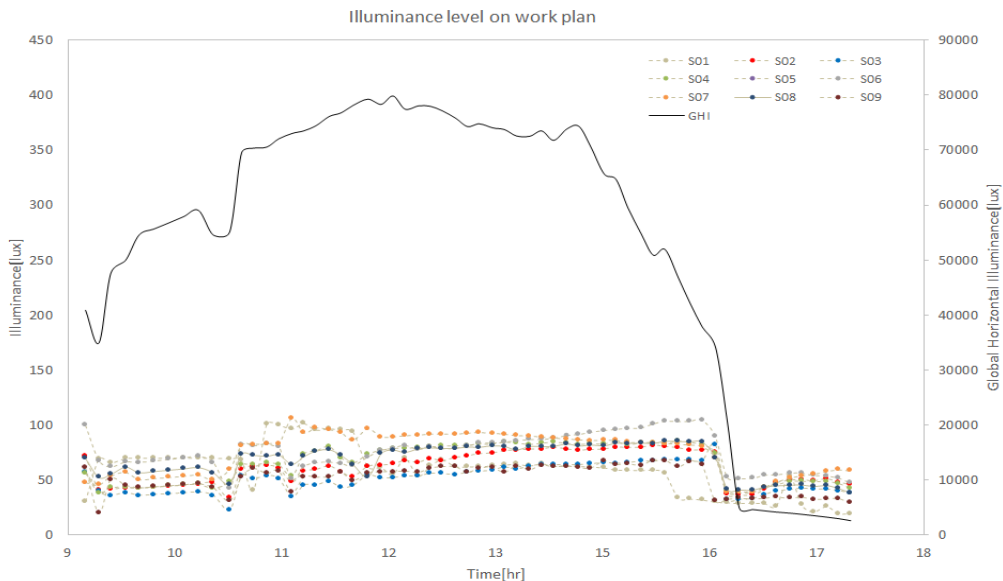


Fig. 3. Internal and external illuminance before remodeling

산란광에 의해 영향을 받고 있다는 것을 알 수 있다. 창호 외부에서 측정된 수평면 조도 변화에 따라서 실내 조도가 변화하지 않고 천공 상태의 변화에 따라 영향을 받는다고 할 수 있다. 특히, 오전 10시 반 이후 오후 3시 30분까지의 실내 조도는 그 측정 위치에 따라 다소의 변동은 있으나 전체적으로는 거의 변화가 없다고 할 수 있다. 일반적으로 KS조도기준으로 일반 휘도 대비 혹은 작은 물체 대상의 시 작업 수행을 위해서는 작업면에서 적정조도가 300 lux 이상이 되어야 한다. 측정 실험 결과는 평균조도가 100 lux 미만으로 주광 성능 개선이 절실히 요구된다.

5. 시뮬레이션

M 아파트의 리모델링 후에 북측 공간에서의 자연채광성능 분석을 위해서 건물의 빛 환경 영향 평가에 널리 사용되고 있는 Radiance 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. Radiance 프로그램은 미국의 Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)에서 개발되었으며 Ray-tracing 알고리즘을 근간으로 하고 있다. Radiance 프로그램의 시뮬레이션 엔진은 Monte-Carlo 방법을 기반으로 Ray-tracing을 수행하여 짧은 시간 내에 비교적 정확한 빛 환경 평가가 가능한 것으로 알려져 있다. 특히, 다양한 공간의 모델링 기능과 우수한 렌더링 기능으로 시각적 이미지 구현이 용이하고, 채광 시스템과 연계하여 디테일을 시뮬레이션에 반영할 수 있어 현실적인 솔루션을 제공할 수 있는 프로그램이다[19].

Table 2. Radiance simulation parameters and the properties of materials

Simulation parameter	Value
ambient bounces (-ab)	5
ambient division (-ad)	1024
ambient super samples (-as)	16
ambient resolution (-ar)	256
ambient accuracy (-aa)	0.1

본 연구에서는 이러한 Radiance의 기능을 최대한 활용하여 실제 채광 성능에 대한 실측이 이루어진 공간을 대상으로 리모델링 전후의 주광 환경 성능에 대한 분석을 수행하였다. 시뮬레이션은 대상 날짜는 3월20일, 6월 21일, 9월23일, 12월21일이고, 오전 9시부터 오후 5시까지 1시간 간격으로 수행하였다. 천공상태는 청천공을 가정하였으며, Radiance 시뮬레이션 파라미터는 Table 2.에 나타나 있다. Table 3.은 주요 투과체(glazing)의 물성치 (투과율, 반사율)을 보여주고 있는데, 실내에서의 자연채광을 위해 투과율의 경우 가시광선의 영역의 값이 그 외 영역에서 보다 훨씬 높음을 알 수 있다. 기존 북측공간과 욕실사이의 비내력벽을 투과율이 90%인 유리벽과 슬라이딩 도어로 교체하였으며, 이는 남측 발코니 창호로 유입되는 자연광이 욕실을 통과하여 북측 실내 공간까지 최대한 도달 할 수 있도록 하기 위함이다.

Fig. 4.는 시뮬레이션을 하기 위한 대상 공간의 모델링이다. 그림에서처럼, 욕실의 비내력벽을 유리벽, 유리문과 유리창호로 교체하

Table 3. Optical properties of glass for windows and doors

	Description	UV Transmission (%)	Visible Ray	
			Transmission (%)	Reflectance (%)
Sliding door (facing south)	Low-e pair glass pane	18	78	13
Sliding doors (bathroom)	Clear single glass pane	59	90	9
Window (facing north)	Clear single glass pane (Internal)	59	90	9
Window (facing north)	Clear double glass pane (External)	59	78	15

여 남측면에서 실내로 조사되는 주광의 유입이 북측 공간으로 가능하게 하였다. 우측 하단은 시뮬레이션에 적용되는 Radiance glazing library를 보여주고 있다.

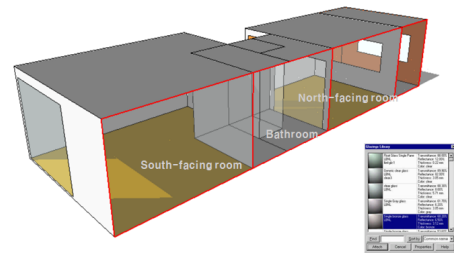
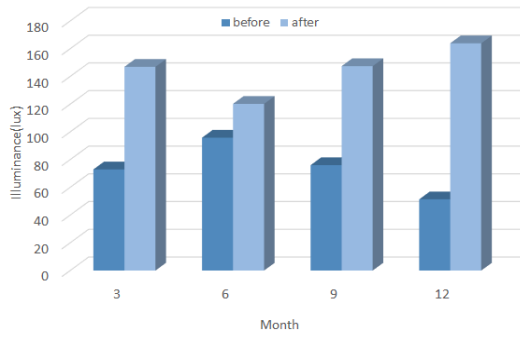


Fig. 4. Simulation model

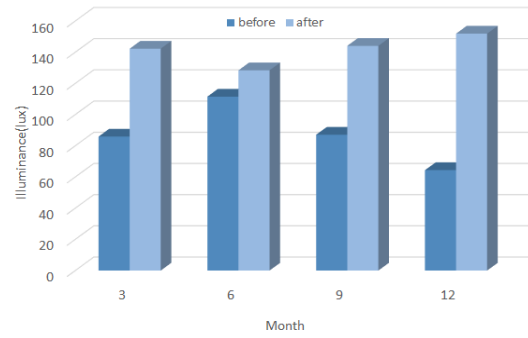
6. 실험결과 및 분석

Fig. 2.(c)의 9개의 조도 측정 지점에 대한 리모델링 전후의 Radiance 시뮬레이션을 수행하였으며, Fig. 5.의 (a)와 (b)의 막대 그래프는 2개의 측정지점 S08과 S05에서의 3월, 6월, 9월, 12월의 정오 시간대에 실내로 조사되는 자연광에 의한 조도를 나타내고 있다. 대상공간의 중심이 되는 위치에 설치한 S05과 자연채광 성능이 가장 미미한 S08를 선택하여 분석하였다. (a)와 (b)의 그래프에서 리모델링 전과 후의 조도값을 비교해 보면 계절별로 북측 공간의 실내로 조사되는 자연 채광 성능이 전체적으로 향상되었음을 알 수 있다. S08의 경우, 태양의 고도가 가장 높은 하지에는 1.3배 향상되었으며, 태양의고도가 가장 낮은 동지에는 3.2배나 향상되었다. S05는 대상 공간의 중심에 설치되어 있음에도 불구하고, 하지에는 1.2배, 겨울에는 2.4배의 조도 값이 증가하였다. 따라서 계절별 시간대별로 자연채광 특성을 고려하여 창호 설계가 이루어져야 한다. 특히, 동절기에 난방부하가 가장 높은 국내의 경우를 고려해볼 때 채광성능 향상에 의한 쾌적성 증진 방안과 에너지 효율적인 측면을 동시에 고려하여 연구가 진행되어야 할 것이다.

Fig. 6.과 7.은 춘(3월20일), 하(6월 21일), 추(9월23일), 동(12월 21일)에서의 조도분포 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.



(a) Sensor 08



b) sensor 05

Fig. 5. Improvement of illuminance at noon for different seasons

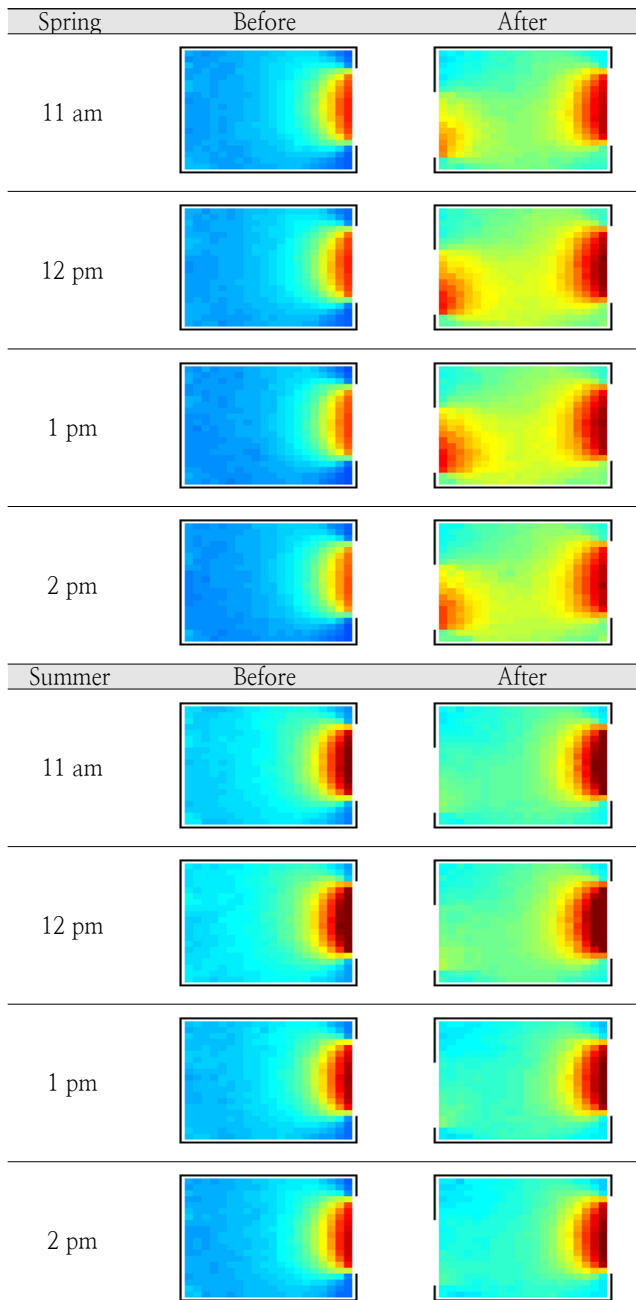


Fig. 6. Illuminance map of the room facing north at different times of the day before and after remodeling: Vernal equinox and Summer solstice (11am - 2pm)

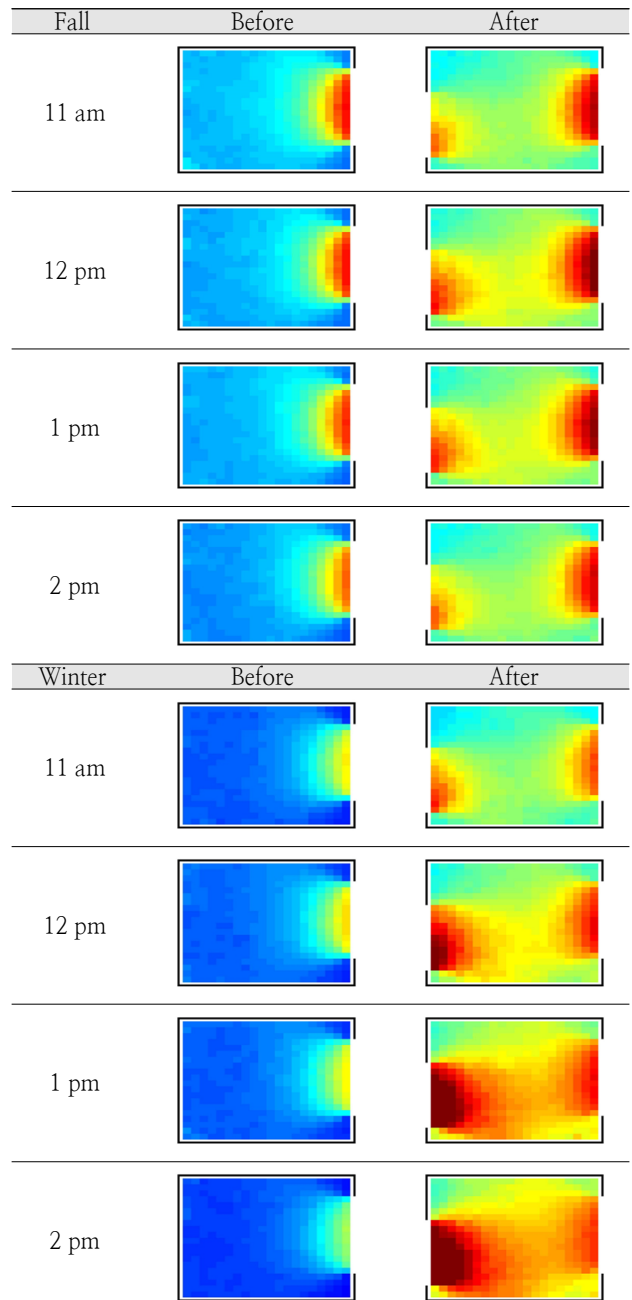


Fig. 7. Illuminance map of the room facing north at different times of the day before and after remodeling: Autumnal equinox and Winter solstice (11am - 2pm)

7. 결론

고밀도 공간을 창조하는 주거형식인 아파트는 경제성, 편리성 뿐만 아니라 효율적인 관리가 가능하고 도심의 지가 상승으로 인해 지속적으로 증가하고 있으며 가장 선호하는 주거 형식이 되었다. 또한, 재택근무를 하고자 하는 아파트 거주자들의 지속적인 증가를 고려해 볼 때 공간의 활용도를 높일 수 있는 방안이 요구되고 있다. 또한, 주거공간의 공간별 조도 기준은 시대 변화와 환경에 따라 그 기능과 역할이 달라질 수 있고 공간의 특성과 용도에 맞는 다양한 조도 기준이 요구되고 있다. 본 연구에서는 1980년대 초반지어진 노후화된 M 아파트의 한 유닛을 대상으로 리모델링 전후의 주광성능 향상에 대한 분석을 수행하였다. M 아파트는 남향으로 배치된 판상형의 구조로 주광 성능 향상을 위해 욕실과 아파트의 복층에 배치된 공간의 확장 및 기능의 변화를 주었다. 본 연구는 복층 공간에 대하여 리모델링 전의 복층 공간에 대한 실내 조도 측정과 리모델링 후의 시뮬레이션을 통한 주광 성능 분석을 수행하였다. 리모델링 전에는 주간에 남측 발코니로부터 욕실을 통한 복층방으로의 자연광의 유입이 불가능하여 복층방의 조도분포가 불균일하고 충분하지 않음을 확인할 수 있었다. 리모델링 후에는 남측 발코니로부터의 자연광이 욕실을 통해 복층공간으로 어느 정도 유입되어 시환경 개선에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있었다. 추후 연구에서는, 리모델링 후의 실험(실측)을 통하여 시뮬레이션 결과에 대한 비교 검증을 수행할 예정이다. 아울러, 본 연구에서 도출된 결과들을 토대로 자연광과 인공광의 조합 시스템을 설치할 경우 (dimming control)와 설비형 자연채광 장치를 혼용할 경우와의 조명에너지 절감량을 비교 분석하고 아울러 시환경 개선 측면에서도 합리적이고 체계적인 연구가 진행될 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 한국연구재단 기초연구사업의 연구비 지원으로 수행되었음(과제번호: 2016R1D1A1B04934265, 2018R1A2B2008542).

Reference

[1] 장호진, 박창봉, 박진철, 제로에너지빌딩의 에너지효율 성능평가에 관한 연구, 한국건축환경설비학회논문집, 제 4권 제 3호, 2010, pp.149~156 // (Jang, Ho-Jin, Park, Chang-Bong, Park, Jin-Chul, A Study on Energy Efficiency Evaluation of Zero Energy Building, Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.4, No.3, 2010, pp.149~156)

[2] Korea Energy Agency, <http://www.energy.or.kr>, 2019.01.28

[3] 이은희, 정무용, 공동주택의 성능개선 요구 및 실태에 관한 연구 - 단위 주호의 리모델링을 중심으로 -, 대한건축학회논문집, 제 19권 제 9호, 2003, pp.41~48 // (A Study on the Needs and Actual Condition of Apartment Housing Performance - Focused on Remodeling of the unit apartment -, Journal of the Architectural Institute of Structure & Construction, Vol.19, No.9, 2003, pp.41~48)

[4] Peter, F. Smith, Architecture in a Climate of Change: A Guide to Sustainable Design Oxford Second edition, Elsevier/Architectural Press, 2005, pp.118~119

[5] 송승영, 이수진, 국내외 건물 에너지성능 인증제도 비교, 분석, 한국태

양에너지학회 논문집, 제 27권 제 4호, 2007, pp.77~85 // (Song, Seung-Yeong, Lee, Soo-Jin, Comparison and Analysis of Domestic and Foreign Building Energy Rating Systems, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol.27, No.4, 2007, pp.77~85)

[6] 한수빈, 공동주택 증축 리모델링의 평면변화에 관한 연구, 전남대학교 건축공학과, 석사학위논문, 2017 // (Han, S. B., A Study on the Change of Apartment Unit Plan of Expansion of Remodeling Apartment House. Master's Thesis. Department of civil Engineering Graduate School, Chonnam National University, 2017)

[7] 김정현, 공동주택 리모델링에 대한 거주 후 평가 연구, 연세대학교 주거환경학과, 석사학위논문, 2009 // (Kim, Jeong-Hyun, Master's Thesis, A Study on Post Occupancy Evaluation of the Apartment after Remodeling, Dept. of Housing and Interior Design The Graduate School Yonsei University, 2009)

[8] 김현우, 공동주택단지 리모델링 계획방향에 관한 연구: 한국과 외국 사례 비교를 중심으로, 성균관대학교 건축학과, 석사학위논문, 2002 // (Kim, Hyun-Woo, A Study on the Planning Methods for the Remodeling of Apartment housing. Master's Thesis, Department of Architecture Graduate School of Sung-Kyun_kwan University, 2002)

[9] Renovation, Technical Report, GBPN, 2013

[10] 고성석, 최진원, 이재홍, 사례분석을 통한 공동주택 리모델링의 유형 및 요인에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제 22권 제 11호, 2006, pp.223~232 // Go, Seong-Seok, Choi, Jin-Won, Lee, Jae-Hong, A Study on the Type and Cause of Apartment House Remodeling through Case Analysis, Journal of the Architectural Institute of Structure & Construction, Vol.22, No.11, 2006, pp.223-232)

[11] 고성석, 송혁, 이현철, 사례분석을 통한 공동주택의 친환경성능 개선방안에 관한 연구 - 광주광역시 공동주택을 대상으로 -, 대한건축학회논문집, 제 23권 제 9호, 2007, pp.201~211 // (Go, Seong-Seok, Song, Hyuk, Lee, Hyun-Chul, A Study on the improvements of Environment-friendly Performance of Apartment Houses through Case Analysis - Focused on Apartment Houses in Gwangju City -, Journal of the Architectural Institute of Structure & Construction. Vol.23, No.9, 2007, pp.201~211)

[12] Ying Hua, Anne Oswald, Xiaodi Yang, Effectiveness of daylighting design and occupant visual satisfaction in a LEED Gold laboratory building, Building and Environment. Vol.46, No.1, 2011, pp.54-64

[13] 조성우, 환경부하 저감을 위한 기후순응주거 계획에 관한 연구, 전남대학교 건축공학과, 박사학위논문, 2009 // (Cho, Sung-Woo, A Study on Climate Adaptable Building Construction Plan for Environmental Load Reduction, Doctor's Thesis, Department of Architectural Engineering, Graduate School, Chonnam National University, 2009)

[14] 박수빈, 오찬옥, 김석태, 아파트 평면유형 및 가구특성에 따른 공간사용방식에 관한 연구 - 전용면적 60m²과 85m² 아파트를 중심으로 - 대한건축학회논문집, 제 19권 제 12호, 2003, pp.87~96 // (Park, Soo-Bean, Oh, Chan-Ohk, Kim, Suk-Tae, The Study on Space Usage Behavior according to the Type of Apartment and Household Characteristics of the 60m²- and 85m²-sized Apartment, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol.19, No.12, 2003, pp.87~96)

[15] 김재문, 이규철, 이승규, 김민성, 민준기, 공동주택 항별 창면적비 변화에 따른 에너지 영향도 분석, 한국생태환경건축학회논문집, 제 13권 제 2호, 2013, pp.21~26 // (Kim, Jae-Moon, Lee, Gyu-Chul, Lee, Seung-Gyu, Kim, Min-Sung, Min, Joon-Ki, An Effect of the Change of Orientation and Window Area Ratio upon Building Energy Requirement in Apartment Housings, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment. Vol.13, No.2, 2013, pp.21~26)

[16] 최재필, 유정원, 박영섭, 이주혁, 강효정, 공동주택 거주자의 리모델링에 대한 인식 및 요구조사 - 수도권 아파트 거주자를 대상으로, 대한건축학회논문집, 제 22권 제 10호, 2006, pp.103~110 // (Choi, Jae-Pil, Ryu, Jeong-Won, Park, Young-Sup, Lee, Joo-Hyuk, Kang, Hyo-Jeong, An Analysis of Remodeling Preferences and Demands of Apartment Residents in the Seoul Metropolitan Area, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol.22, No.10, 2006, pp.103~110)

[17] 최민서, 장성주, 창호의 열관류율, 일사취득계수와 향의 배치가 건물의 난방 부하에 미치는 영향에 관한 지역별 비교연구, 한국생태환경건축학회논문집, 제 13권 제 2호, 2013, pp.123~130 // (Choi, Min-Seo, Chang, Seong-Ju, Comparative Analysis on the Heating and Cooling Loads Associated with U-value, SHGC and Orientation of the

- Windows in Different Regions, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.13, No.2, 2013, pp.123-130)
- [18] 김유신, 최안섭, 적합한 조명시뮬레이션 사용을 위한 주광 시뮬레이션과 Mock-up 실험 비교에 관한 연구, 조명전기설비학회논문지, 제 24권 제 1호, 2010, pp.35-44 // (Kim, Yu-Sin, Choi, An-Seop, A Study on the Comparison of the Illuminance Values from Daylight Simulation and Mock-up Experiment for Suitable Application of Lighting Simulation, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.24, No.1, 2010, pp.35-44)
- [19] 주근탁, 최안섭, 공동주택의 조도측정 및 평균조도 산출방법, 조명전기설비학회논문지, 제 20권 제 5호, 2006, pp.1-8 // (Joo, Keun-Tak, Choi, An-Seop, Measurement and Computing Method of the Average Illuminance in Residential Areas, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.20, No.5, 2006, pp.1-8)