

아파트 단지의 방위 변화에 따른 일영 검토 Examination of Shadow Patterns According to Orientation Changes in Apartment Complexes

신성호* · 이준기** · 이경희* †

Sung-Ho Shin*, Jun-Gi Lee** and Kyung-Hee Lee* †

(Received 24 November 2025, Revised 23 December 2025, Accepted 23 December 2025)

초록 : 본 연구는 실제 건축된 선형형 —자형 아파트 단지를 대상으로, 단지의 방위를 남동향, 남향, 남서향으로 변화시키며 일조·일영 환경 변화를 정량적으로 분석하였다. ECOTECT를 활용하여 하계 동지 일 기준 시간대별 음영면적비와 영구일영 영역을 도출하고 비교하였다. 연구 결과, 동일한 배치 형태에서 방위 변화에 따라 평균 음영면적비가 남향 28~35%, 남서향 35~40%, 남동향 40~48%로 최대 20% 이상 차이가 나타났다. 각 방위별로 음영이 형성되는 시간대가 다르게 나타나 거주자의 실제 활동 시간과 중첩되면서 주거환경에 영향을 미쳤으며, 영구일영의 공간적 분포도 방위별로 명확한 차이를 보였다. 남향은 북측 저층부(약 15~20%), 남서향은 서측 저층부(약 25~30%), 남동향은 북·동측 저층부 전역(약 35~42%)에 영구일영이 형성되었다. 따라서 일조환경을 고려한 단지 계획에는 배치 형태뿐 아니라 방위 변화에 따른 전략적 접근이 필요한 것으로 판단된다.

키워드 : 방위 변화, 영구일영 영역, 일영 시뮬레이션, 그림자 분포 분석, 저층부 일조환경

Abstract : This study investigates solar access and shadow pattern variations in linear block apartment complexes by simulating southeast, south, and southwest orientations. Using Autodesk Ecotect Analysis, shadow area ratios and permanent shadow zones were quantified based on the winter solstice and compared across orientations. The results indicate significant differences in average shadow area ratios depending on orientation: south-facing (28~35%), southwest-facing (35~40%), and southeast-facing (40~48%). The timing of shadow formation also varied by orientation, coinciding with occupant activity patterns and thereby affecting residential environmental quality. Permanent shadow zones were distributed distinctly: the north side for south-facing (15~20%), the west side for southwest-facing (25~30%), and the north and east sides for southeast-facing (35~42%) layouts. These findings suggest that layout and orientation must be strategically considered to ensure adequate sunlight and minimize permanent shadow zones in high-density residential developments.

Key Words : Orientation Change, Permanent Shadow Zone, Shadow Simulation, Shadow Distribution Analysis, Solar Access of Lower Floors

*† 이경희(<https://orcid.org/0000-0002-3559-2881>) : 교수, 부산대학교 건축공학과

E-mail : samlgh@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7630

*신성호(<https://orcid.org/0000-0002-6254-5909>) : 박사수료, 부산대학교 건축공학과

**이준기(<https://orcid.org/0000-0002-3635-5511>) : 교수, 동 의과학대학교 소방안전관리과

*† Kyung-Hee Lee(<https://orcid.org/0000-0002-3559-2881>) : Professor, Department of Architectural Engineering Pusan National University.

E-mail : samlgh@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7630

*Sung-Ho Shin(<https://orcid.org/0000-0002-6254-5909>) : Researcher, Department of Architectural Engineering Pusan National University.

**Jun-Gi Lee(<https://orcid.org/0000-0002-3635-5511>) : Professor, Department of Fire Safety Management, Dong-Eui Institute of Technology.

1. 서 론

지난 수십 년간 고층 아파트 단지는 한국 도시 주거환경의 중심축으로 자리 잡아 왔으며, 특히 서울, 부산, 대구 등 대도시에서는 한정된 토지에서 고밀 개발 수요를 수용하기 위해 ‘ㄷ자형’, ‘—자형’, ‘ㄱ자형’ 등 다양한 아파트 단지 배치가 도입되어 왔다. 이러한 단지 배치는 도시경관을 형성하는 주요 물리적 골격일 뿐만 아니라, 세대별 일조 확보, 바람길 형성, 조망 및 프라이버시 등 주거환경의 질을 좌우하는 핵심 계획요소로 작용한다. 실제 설계 과정에서는 대지의 형태와 접도 조건, 주변 건축물과의 관계, 방위, 인동거리, 조망과 개방성, 법적 일조 기준 등 다차원적인 요소가 복합적으로 고려되며, 그 과정에서 특정 세대 혹은 외부공간에 일조환경의 불균형과 장시간 음영, 이른바 영구일영 문제가 반복적으로 제기되어 왔다.

특히, —자형 아파트 배치는 남북 방향의 도로망과 장방형 필지에 대응하기 위해 널리 활용되어 왔으며, 그 결과, 단지 내에서는 남서향, 정남향, 남동향 등 서로 다른 주향을 갖는 동들이 혼재하는 양상이 일반화되었다. 이러한 배치 특성은 동간 간섭에 의해 일부 세대의 창면과 단지 내 외부공간에서 장시간 직달일사가 차단되는 공간을 발생시키며, 이는 실내 일조 저하뿐 아니라 심리적 쾌적감의 감소, 조정 식생의 생육 저하, 동절기 결빙 증가, 난방 및 조명 에너지 소비 증가 등 다양한 측면에서 부정적인 영향을 초래한다. 영구일영은 단지 내 커뮤니티 마당, 어린이 놀이터, 산책로와 같은 공용 외부공간과 저층부 세대의 전면 공간에 집중되는 경향이 있어, 단순히 개별 세대의 일조권 문제를 넘어 도시 설계와 생활환경의 공공성을 평가하는 중요한 설계 변수로 인식될 필요가 있다.

아파트 단지 일조환경과 관련된 선행연구는 인동거리, 건물 높이, 배치유형, 방위 등이 일조시간과 음영분포에 미치는 영향을 다양한 지표로 평가해 왔다. 윤종호 등^{1,2)}은 동절기 음영면적비(SAR)를 활용하여 배치유형과 방위, 인동간격에

따른 세대별 일조성능을 정량적으로 평가하였다. 김경아³⁾는 판상형 아파트의 배치형태에 따른 일조환경을 평가하여 판상형 평행배치가 가장 유리한 일조시간을 제공함을 제시하였다. 또한 성영복 등⁴⁾은 단지 배치 계획에 따른 단지 내 일조환경 변화를 비교함으로써 배치유형이 세대별 일조 편차에 미치는 영향을 분석하였다. 박영길⁵⁾은 고층 아파트를 대상으로 일조 시뮬레이션을 수행하여, 법적 인동거리 기준을 충족하더라도 주동 형식과 배치형태에 따라 일조 수인한도 미달 세대가 다수 발생할 수 있음을 보여 주었다. 최두석 등⁶⁾은 주동 배치유형에 따른 주거환경성능 평가에서 일조·조망 성능을 통합적으로 검토하였고, 조진형 등⁷⁾은 동남·서남향 배치에 따른 물리적 주거환경과 에너지 부하 차이를 비교함으로써 방위 선택의 중요성을 강조하였다.

아파트 일조환경 및 주광 성능 평가에 관한 연구와 공동주택 단지 배치에 대한 일조권 규제 개선방안을 다룬 연구에서는, 기존 일조 기준이 고밀 개발 상황과 세대 간 형평성을 충분히 반영하지 못한다는 점을 지적하였다.⁸⁾ Ecotect를 이용한 일조 시뮬레이션 연구는 배치유형과 인동간격에 따른 일조량 변화를 분석하여 3차원 시뮬레이션의 유용성을 제시⁹⁾하였으며, 공동주택 저층부 조명부하 연구¹⁰⁾는 저층부 일조 부족이 에너지 소비와 거주환경에 미치는 영향을 정량적으로 보여주었다. 그러나 이들 연구는 대체로 특정 배치유형 또는 고정된 방위 조건을 전제로 인동거리, 동길이, 건물 높이 등의 변화가 일조환경에 미치는 영향을 분석하거나, 세대 내부 일조 및 에너지 부하에 초점을 맞추고 있어, 단지 외부공간에서 형성되는 영구일영 영역의 공간적 패턴과 범위를 3차원적으로 파악하고, 방위 변화와 연계하여 논의한 사례는 상대적으로 제한적이다.

또한 기존 연구를 가운데 상당수는 동지 기준 일조시간과 같은 단일 시점·단일 지표에 기반하여 일조환경을 평가하고 있어, 동일한 —자형 배치라 하더라도 단지 전체 방위가 남동향·남향·남서향으로 변할 때 일조와 영구일영 분포가 달라지는지를 체계적으로 비교하는 데 한계가 있다.

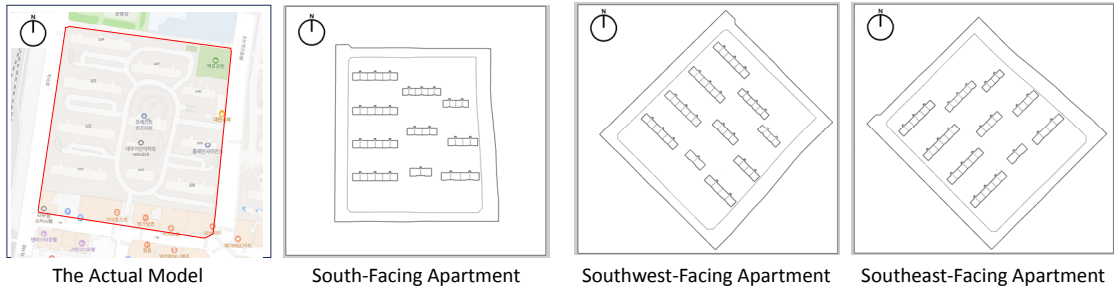


Fig. 1 Site layout and Analysis Orientation Setting

동짓날 일조시간 기준과 같은 단일 시점, 단일 지표에 기초한 평가 방식은 방위각 변화, 태양 고도 변화, 복합 음영의 3차원적인 상호작용을 반영하는 데 한계가 있으며, 특히 남동향·남향, 남서향과 같이 방위가 상이한 동들이 혼재하는 실제 단지 상황을 정밀하게 설명하기 어렵다. 최근에는 3차원 모델링과 일조 시뮬레이션을 결합하여 단지 전체의 일조·일영 분포를 분석하는 연구가 증가하고 있으나, 동일한 물리적 배치 조건을 유지한 채 방위만을 체계적으로 변화시키면서 영구일영 영역의 분포 특성을 비교·분석한 실증 연구는 여전히 드문 실정이다.

이에 본 연구는 실제 건축된 一자형 아파트 단지를 사례로 선정하고, 단지의 물리적 배치와 공간 관계는 동일하게 유지한 상태에서 방위를 남동향, 남향, 남서향으로 변화시키며, 시뮬레이션을 수행함으로써 영구일영 영역의 분포 특성을 정량적으로 분석하고자 한다. 이를 통해 배치유형과 방위 변화의 상호작용이 단지 내 외부공간의 일조환경과 장시간 음영 영역에 어떤 차이를 야기하는지 실증적으로 규명하고, 향후 고층 아파트 단지 계획에서 방위 선택과 배치계획을 동시에 고려한 일조·일영 평가 및 설계 지침 마련에 기초 자료를 제공하는 것을 연구의 목적으로 한다.

2. 시뮬레이션 개요

본 연구는 실제 건축된 一자형 아파트 단지를 대상으로, 단지 전체의 방위(남-45°-동, 남향, 남-45°-서)를 변화시키며 야기되는 일조 및 영구일영

영역의 변화를 시뮬레이션 분석하였다. 분석 대상 단지의 평면과 동 배치, 규모 등 물리적 조건은 동일하게 유지한 채, 전체 단지의 주향만 단계적으로 회전시켜 방위별 일영 특성을 비교할 수 있도록 설정하였다.

태양 위치와 고도를 정확히 반영하는 일조 전용 프로그램을 활용하여, 하지를 기준으로 오전 8시부터 오후 4시까지 1시간 단위로 그림자, 음영 패턴, 영구 일영대 영역을 도출하였다. 방위별로 영구일영 영역의 분포, 그림자 중첩률, 저층 및 외부공간의 햇빛 차단 정도를 정량적으로 산정하고, 시뮬레이션 결과를 비교·해석하였다.

시뮬레이션을 위해 선정한 실제 모델은 10개의 주동이 2호(2세대), 4호, 6호 조합으로 배치되어 있으며, 거실이 바라보는 방위는 남-8.3°-서, 부지면적은 52,872 m²로 확인되었다.

일영 시뮬레이션을 위해 Sketch-Up 프로그램으로 모델링 후 남-45°-동, 남향, 남-45°-서로 CASE를 구분하였고, Fig. 1과 같다. 층고는 3.0 m, 층수는 동별 층수를 그대로 적용하여 모델링을 진행하였다. 일조 분석을 위한 위도와 경도 설정은 실제 모델의 위치로 설정하였으며, 위도 35.237056°, 경도 129.0100006°로 설정하였다.

3. 시뮬레이션 결과

3.1 방위별 일영 분석 결과

방위가 남향일 때 일영 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 남향 배치 모델은 전일 기준 시간대별 평균 음영면적비가 약 35~40% 범위를 나타냈으며, 전

통적으로 선호되는 남향 배치임에도 불구하고 오전 8~9시와 오후 2~4시의 시간대에 저층부 외부 공간에서 구조적으로 피할 수 없는 영구일영 영역이 반복적으로 형성되는 특징을 보였다.

특히 이러한 음영이 주택 거주자의 실제 활동 시간대(아침 출퇴근, 오후 휴식)와 중첩되는 점이

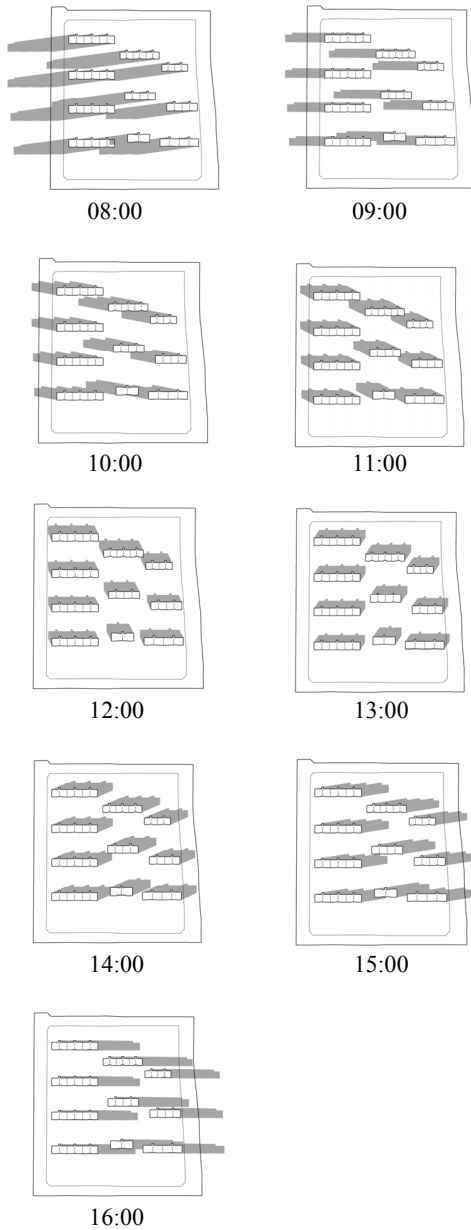


Fig. 2 South-facing model

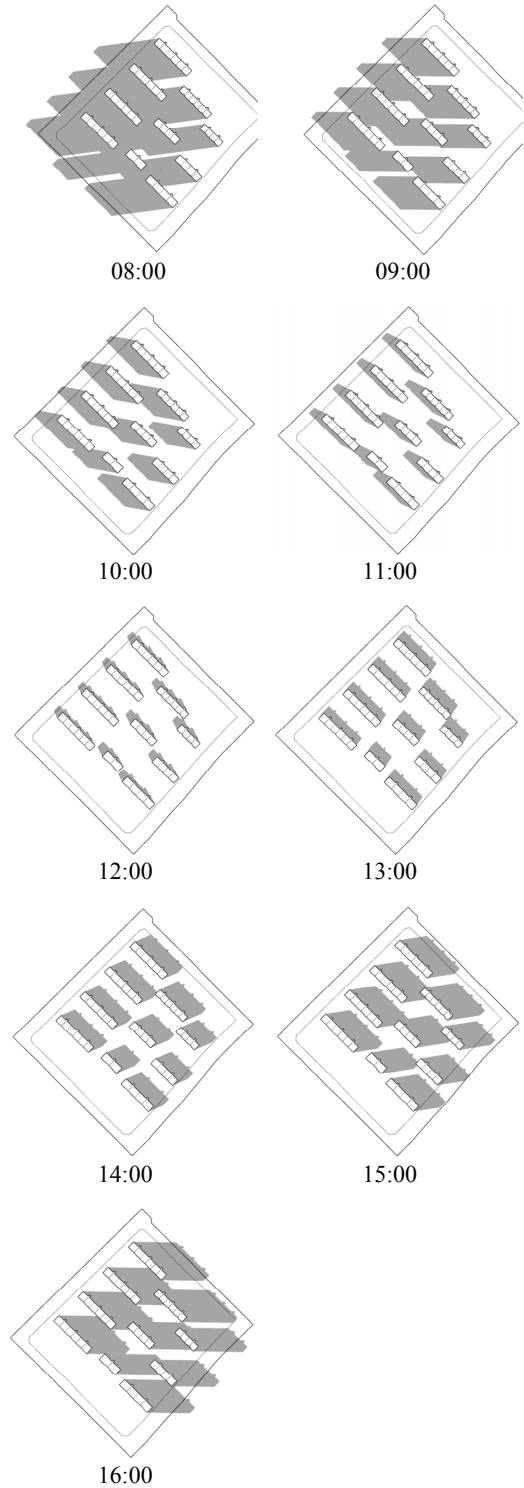


Fig. 3 Southwest-facing model

주목할 만하다. 오전 8~9시에 형성되는 음영은 저층부 세대 거주자들의 기상 시간 및 아침 활동 시간과 정확히 일치하며, 이 시간대에 가장 필요한 자연채광과 실외 활동 공간이 음영으로 인해 제공되지 못한다. 마찬가지로 오후 2~4시 시간대의 음영은 아이들의 외부활동 시간과 겹치면서, 단지 내 공용공간의 활용성을 직접적으로 제한한다.

반복적인 영구일영 형성은 단순한 일조권 문제를 넘어 주거환경의 질적 측면과 단지 공공성에 광범위한 영향을 미친다. 오전의 길고 진한 음영 방위가 남-45°-서일 때 일영 분석 결과는 Fig. 3과 같다. 평균 음영면적비가 약 28~35% 범위로, 남향에 비해 음영면적이 더 적은 것으로 나타났다. 오전의 충분한 일조 확보와 정오의 최적 일조 환경은 저층부 세대와 공용공간 이용자들에게 높은 쾌적성을 제공할 수 있다. 남서향 배치는 일조 총량(음영면적비)으로는 남향보다 유리하지만, 시간대별 불균형은 여전히 존재함을 시사한다.

방위가 남-45°-동일 때 일영 분석 결과는 Fig. 4와 같다. 시간대별 평균 음영면적비가 약 40~48% 범위로, 세 방위 중 음영면적이 가장 많아 전체적으로 일조 환경이 가장 불리한 것으로 나타났다.

오전 8~11시 시간대에 북측 저층부 전체에 집중되는 영구일영이 형성되고, 이 시간대는 저층부 세대 거주자의 실제 활동 시간과 정확히 겹치므로, 남동향 배치는 저층부 세대의 오전 거주환경 측면에서 구조적으로 심각한 한계를 갖는다.

다만 오후 2~4시 시간대의 우수한 일조 환경은 남동향 배치의 중요한 보완 요소다. 외부활동이 활발한 시간대에 공용공간의 대부분이 양지 상태를 유지함으로써, 오후 활동 중심의 거주자에게는 다른 배치보다 더 나은 환경을 제공한다. 따라서 남동향 배치는 시간대별 활동 패턴에 따라 장단점이 뚜렷이 달라지는 배치임을 시사한다.

결국 거주자의 생활 특성과 외부공간 이용 시간대를 고려한 세밀한 분석 없이는, 어떤 방위도 절대적으로 "최적"이라 할 수 없음을 분명히 보여준다.

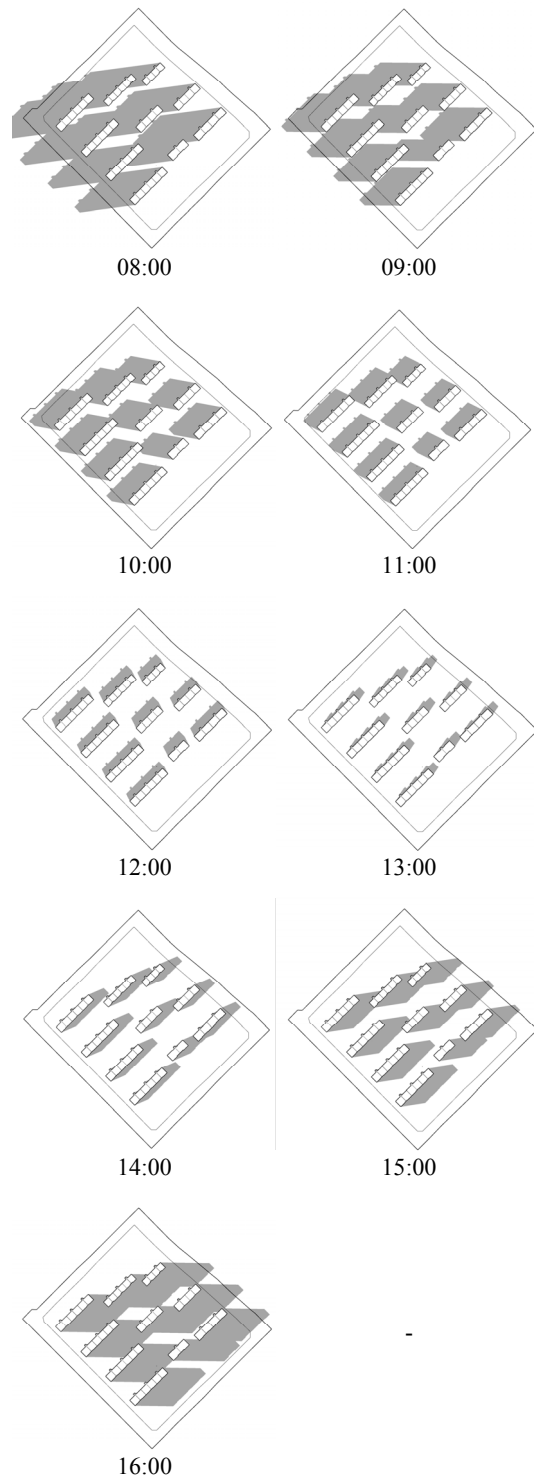


Fig. 4 Southeast-facing model

3.2 영구일영 분석 결과

방위가 남향일 때 태양의 고도가 가장 높은 하지의 일영을 분석한 결과는 Fig. 5와 같다. 남향 배치에서는 주로 단지 북측 저층부 외부공간, 동간 중앙 협소부, 북측 보행 동선에 영구일영이 집중적으로 형성되는 것으로 나타났다.

영구일영 분포를 살펴보면, 남측 주동에 의한 그림자가 북으로 길게 투영되면서 단지 북측 경계부 전체가 종일 음영으로 덮여 있음을 확인할 수 있다.

동간 사이의 협소한 외부공간에서는 오전과 오후의 그림자가 중첩되어, 하루 종일 직달일사가 도달하지 못하는 완전한 영구일영 영역이 형성되었다. 이 영역은 주로 1~3층 저층 세대 전면부, 어린이 놀이터, 휴게시설, 보행 동선 등 공용공간의 핵심 시설들과 중첩되는 것으로 나타났다.

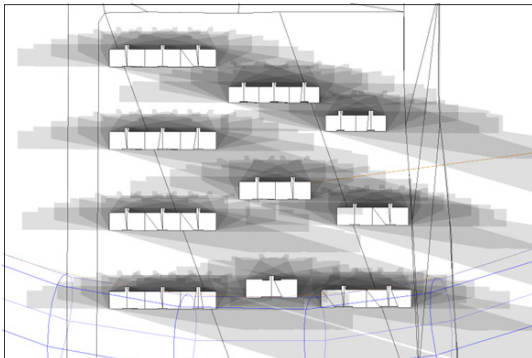


Fig. 5 South-facing model

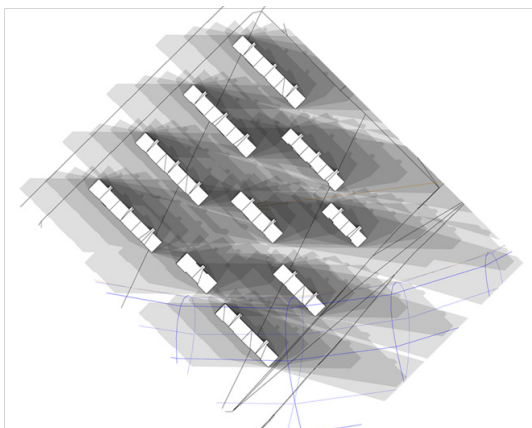


Fig. 6 Southwest-facing model

반면, 단지 남측 외부공간과 중앙 광장 남측 영역은 영구일영 영역에서 제외되어, 정오 전후에 충분한 일조가 확보되는 구조를 보였다. 그러나 전체 단지 면적 대비 영구일영이 차지하는 비율은 약 15~20%로 추정되며, 이는 저층부 거주자와 외부공간 이용자에게 상당한 일조 불균형이 있는 것으로 판단된다.

이러한 결과는 남향 배치라도 인동거리가 충분하지 않을 경우, 저층부 외부공간의 상당 부분이 종일 음영으로 인해 활용성이 크게 저하될 수 있음을 보여 준다. 특히 영구일영 영역 내 조경 식생의 생육 저하, 동절기 결빙, 습도 증가 등 환경 문제가 발생할 수 있어, 단순한 일조시간 충족 기준을 넘어 영구일영 영역의 공간적 분포와 범위를 고려한 배치 계획이 필요함을 시사한다.

방위가 남-45°-서일 때 하지의 일영을 분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 주로 단지 서측 저층부 외부공간, 서측 주동 전면부, 서측 보행 동선에 영구일영이 집중적으로 형성되는 것으로 나타났다.

영구일영 분포를 살펴보면, 서측동에 의한 오후의 긴 그림자가 종일 축적되면서 서측 저층부 전체가 영구음영 상태로 변환되는 특징을 보였다.

오후 2~4시 시간대의 집중된 음영이 서측 경계부 전역을 덮으면서, 서측 저층부 1~3층 세대 전면부와 서측 외부공간의 상당 부분이 일조를 받지 못하는 구조임을 확인할 수 있다.

남향 배치에 비해 영구일영의 공간적 범위보다 더 제한적이다. 남향 배치에서는 북측 일부와 동간 일부가 영구일영으로 덮여 있었던 반면, 남서향 배치에서는 주로 서측 경계부와 서측 저층부, 동측 경계부에 영구일영이 발생한다. 이는 전체 단지 면적 대비 영구일영 비율이 약 25~30% 수준으로, 남향 배치의 15~20%보다 높은 수치를 나타낸다.

수치보다 중요한 점은 영구일영이 형성되는 시간대가 오후 활동 시간과 정확히 겹친다는 것이다. 특히 서측 저층부 세대는 오후에 외부 활동을 거의 할 수 없는 환경이 되며, 이는 주거환경의 질 측면에서 특정 세대에 대한 불공정한 대우를 의미한다. 또한 서측 외부공간의 영구일영으로 인

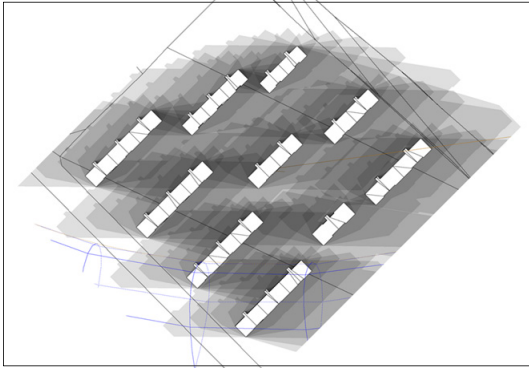


Fig. 7 Southeast-facing model

해 조경 식생이 생육하지 못하고 습도 문제가 발생 할 가능성이 있다.

남서향 배치는 영구일영 전체 면적이 남향보다 불리하고, 이용자의 활동 시간대와 거주 세대 위치를 고려했을 때 여전히 구조적인 일조 불균형 문제를 내재하고 있음을 보여 준다.

방위가 남-45°-동일 때 하지의 일영을 분석한 결과는 Fig. 7과 같다. 주로 단지 북측 저층부 전체, 동측 저층부 일부, 동간 협소부 중앙에 영구일영이 광범위하게 형성되는 것으로 나타났다.

영구일영 분포를 살펴보면, 오전에 남측 동에 의해 형성되는 긴 그림자와 오후에 동측 동에 의해 형성되는 음영이 중첩되면서, 단지 북측과 동측 저층부가 거의 종일 음영 상태에 놓여 있음을 확인할 수 있다. 특히 1~3층 저층부 북측면과 동측면 전체가 영구음영 영역으로 덮여 있으며, 이는 세 방위 중 가장 광범위한 영구일영을 나타낸다.

전체 단지 면적 대비 영구일영 비율이 약 35~42% 범위로 추정되며, 이는 남향 배치(15~20%)와 남서향 배치(25~30%)에 비해 현저히 높은 수치다. 특히 저층부 북측 외부공간, 북동측 모서리 영역, 동간 중앙 협소부에서는 하루 종일 직달일사가 거의 도달하지 못하는 완전한 영구일영 영역이 형성되었다.

이러한 광범위한 영구일영 형성은 여러 문제를 야기한다. 첫째, 북측 저층부 세대 거주자들은 오전 내내 일조를 받지 못하는 구조적 한계를 갖는다. 둘째, 단지 북측과 동측 외부공간의 활용성이 크게 제한되어 공용공간의 경험 질이 저하된다.

셋째, 영구일영 영역 내 조경 식생, 포장재, 보행자 안전(결빙, 습도)이 모두 부정적 영향을 받을 수 있다.

결론적으로 남동향 배치는 영구일영 면적에서 세 방위 중 가장 불리한 특성을 보여 주며, 이는 시뮬레이션 상 오전의 지배적 음영과 정확히 일치한다. 따라서 남동향 배치는 전체적인 일조 환경과 영구일영 분포 측면 모두에서 저층부 거주자와 공용공간에 가장 큰 환경 부담을 야기함을 명확히 보여 준다.

4. 결 론

본 연구는 실제 건축된 —자형 아파트 단지를 대상으로, 단지의 방위를 남동향, 남향, 남서향으로 변화시키며 일영 분포의 특성을 시뮬레이션으로 분석하였다.

동일한 배치 형태라도 방위 변화만으로 단지 내 일조환경이 달라진다는 점이 입증되었다. 시간대별 평균 음영 면적비는 남향(28~35%), 남서향(35~40%), 남동향(40~48%)으로 약 20% 이상의 차이가 나타났으며, 이는 거주자의 실제 생활환경에 직접적인 영향을 미친다.

각 방위별로 음영이 형성되는 시간대와 공간이 현저히 다르다는 특징을 발견했다. 남향은 오전과 오후 늦게 북측 저층부에 집중된 음영이 형성되고, 남서향은 오후 2~4시에 서측 저층부에, 남동향은 오전 전반에 북측 전체에 광범위한 음영이 형성된다. 이는 거주자의 실제 활동 시간대와 중첩되면서 주거쾌적성에 직접 영향을 미친다.

영구일영의 공간적 분포도 방위에 따라 극명하게 달라진다. 남향은 북측 저층부 전체에 영구일영이 분포(약 15~20%), 남서향은 서측 저층부에 국한(약 25~30%), 남동향은 북측·동측 저층부 전체에 광범위하게 분포(약 35~42%)하는 양상을 보였다.

본 연구는 하지 기준의 시뮬레이션을 기반으로 하였으며, 향후 연구에서는 단지 간 유형 간의 광역적 비교 연구 등을 통해 보다 포괄적인 단지 일조 환경 평가 체계의 정립이 필요하다.

후 기

이 과제는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

Author contributions

K. H. Lee; Conceptualization. J. G. Lee; Data curation. S. H. Shin; Writing-review & editing.

References

1. J. H. Yoon, S. G. Yeo, J. S. Park, Y. Choi and S. W. Lee, 2006, "Overshadowing analysis of apartment building arrangement with winter average shading ratio of window", Proceedings of the Korean Solar Energy Society Spring Conference, 225-230.
2. J. H. Yoon, S. K. Yeo, J. S. Park, S. W. Lee and K. I. Chin, 2006, "Overshadowing Analysis of Apartment Building Arrangement with Average Shading Ratio", Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 6(2), 35-42.
3. G. A. Kim, 2006, "A Study on the Estimation of Sunshine and Daylight Performance of Apartment Housings", Master's Thesis, Korea University.
4. Y. B. Sung, M. S. Yeo and K. W. Kim, 2004, "A Study on the Variation of Solar Access Right of Apartment Buildings According to Site Planning", Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 4(4), 35-44.
5. Y. G. Park, 2013, "A Study on the Improvement of Sunshine Environment of High-Rise Apartments through Sunshine Simulation Analysis", Journal of the Korean Urban Management Association, 26(4), 431-457.
6. D. S. Choi, J. S. Do, 2009, "A Study on the evaluation of the Residential Environment Efficiency by Arrangement of Multi-Family Residential Buildings", Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 9(6), 57-64.
7. J. H. Cho, E. M. Hyun and U. S. Kim, 2012, "A Comparative Study on Physical residential environments of Apartment facing Southeast and Southwest aspect Arrangement", Journal of the Korea Institute of Interior Design, 94(5), 272-279.
8. U. J. Lee and C. S. Lee, 1998, "A Study on the Improvement of Right of Daylight Controls for Building Arrangement of Apartment Site", The Journal of Korea Planners Association, 33(3), 133-158.
9. J. H. Lee and S. H. Lee, 2010, "A Study on the Daylight Simulation using Ecotect Analysis 2010 according to the arrangement and the Distance of Apartment Housing", Proceedings of the Architectural Institute of Korea Conference, 30(1), 189-190.
10. D. W. Lee, J. G. Lee, G. T. Lee, Y. T. Kim and K. H. Lee, 2016, "The Study on Lighting Load of Lower-part in Apartment Houses", Journal of Power System Engineering, 20(1), 63-68. (<https://doi.org/10.9726/kspse.2016.20.1.063>)