

공동주택 주동 형상 및 배치에 따른 열환경 영향 분석

장예나, 이건원*
호서대학교 건축학과

Analysis of the Impacts of Building Layouts of Housing on the Thermal Environment of Buildings

Ye-Na Jang, Gunwon Lee*
Department of Architecture, Hoseo University

요약 본 연구는 공동주택 주동 유형 변화가 주변의 열환경 변화에 미치는 영향을 파악하는 것을 목적으로 한다. 이를 연구하기 위해서 기상청 AWS에 설치되어 있고 아직 개발되지 않은 천안시 서북구 신월리 일대를 선정하여 2021년 7~8월을 공간적, 시간적 범위로 설정하였다. 주동 유형은 비록 다른 대상지이지만 유사한 조건을 갖고 있는 대상지에 실제로 계획되어 2020 대한민국 공공주택 설계공모 대전에서 수상을 한 계획안들을 적용하였다. 이 계획안들에 대해서 모델링을 진행한 후, 유형 변화에 따른 열환경을 분석하여 주동 형태의 변화와 열환경의 관계를 파악하였다. 특히, 열린 'ㄱ'자, 'ㄴ'자, 'ㄷ'자, 'ㄹ'자의 서로 다른 주동 형태를 갖고 있는 계획안들에 대해서 CFD 시뮬레이션을 실시함으로써 안이 주변의 열환경에 미치는 영향을 살펴보았다. 이를 통해서 상대적으로 우수한 주동 형태를 도출할 수 있었다. 또한 주동형태를 바꾸는 것이 가까운 범위의 열환경에도 영향을 미치지만 의외로 먼 거리의 특정 지점의 열환경에 영향을 줄 수도 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 기후변화 대응 및 탄소중립도시 조성을 위한 기초 연구로서의 의미를 갖는다.

Abstract This study aims to identify the impacts of building layouts of public housing on the thermal environment of buildings. To this end, this study analyzed the simulation data between July and August 2021 of underdeveloped Sinwol-ri, Seonggeo-eup, Seobuk-gu, and Cheonan-si where AWS (Automatic Weather Station) is installed. The winning proposals of the 2020 Korean Public Housing Design Competition, whose sites are different from the target area but have similar conditions, were selected for the simulation. After modeling, this study analyzed the thermal environments according to changes in building type to understand the effectiveness of their relationship. Especially, this study performed a CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation of different building layouts, such as tower, block, courtyard, and paralleled to draw the impacts of each building plan on the thermal environment of buildings and determine a relatively optimal plan. The analysis results show that a change in block plans affects the nearby thermal environments and also those of certain farther points. These results are expected to contribute to establishing a foundation for reducing climate change and creating carbon-neutral cities.

Keywords : Thermal Environment, Urban Design, Site Planning, CFD, Housing

본 연구는 국토교통부 쇠퇴지역 재생역량 강화를 위한 기술개발사업의 연구비지원(21TSRD-B151228-03)에 의해 수행되었음

*Corresponding Author : Gunwon Lee(Hoseo Univ.)

email: gwlee@hoseo.edu

Received September 27, 2021

Accepted November 5, 2021

Revised October 29, 2021

Published November 30, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 기록적인 폭염으로 상당한 인적, 경제적 피해가 발생했다. 그럼에 따라서 우리 도시·건축환경의 지속가능성, 회복탄력성에 대한 논의가 더욱 중요하게 인식되고 있는 추세이다. 이에 최근 열 환경을 관리하기 위해서 도시·건축 분야에서의 노력이 강조되고 있다. 이러한 맥락에서 기존의 방식과 같이 개발 이후, 열 환경을 관리하는 방식 보다는 개발 이전 특히, 계획 단계 이전에 이미 해당 지역의 열 환경에 대한 분석을 실시하고 이를 개발계획 수립 단계에서 고려 또는 반영하는 것이 가장 근본적인 해결책으로 생각되고 있다. 이러한 차원에서 독일에서 시행 중인 기후지도와 이를 바탕으로 계획행위시 참고할 수 있는 계획지침과 같은 실질적인 해결책이 필요함이 역설되고 있다.

이러한 맥락에서 본 연구는 열환경 관리 차원에서 개발시 가장 자주 선택되는 공동주택을 중심으로 그 주동형상에 따라서 주변에 미치는 영향의 수준과 양상을 살펴보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

연구목적 달성을 위해서 본 연구는 공간적 범위로 충청남도 천안시 서북구 성거읍 신월리 343-1번지에 위치한 천안시 서북구청 및 그 인근 반경 0.5km 지역을 대상지를 1차 대상으로 설정하였다. 보다 구체적으로 그 내부에 위치한 직산읍 삼은리 455번지를 2차 대상으로 선정하였다.

시간적 범위는 2021년으로 설정하였다. 기초 지형 및 도시·건축 형상데이터는 국토지리정보원에서 연구 대상 지역에 대해서 제공 중인 최신자료인 2005년 수치지형도를 기준으로 하되, 현재인 2021년을 기준으로 최신화하였다. 최신화를 위해서 각종 공공 및 상업지도 포털에서 제공하는 항공사진 자료를 활용하고, 나머지는 현장조사를 통해서 보완하였다. 본 연구의 시뮬레이션을 위해서 활용한 기본 경제조건 및 기상 조건 역시 2021년 7월의 자료를 활용하였다.

본 연구의 내용적 범위는 기존 문헌들에 대한 이론적 검토를 통해 연구의 관점 및 초점을 설정하였다. 문헌검토를 통해 연구대상 공동주택 계획안을 선정한 후, 시뮬레이션에 앞서 대상지에서 측정된 기상데이터를 활용하여 물리모델을 확정 및 검증하였다. 이후, 공동주택 주동

유형별로 시뮬레이션을 실시함으로써 그것이 주변 지역의 열환경에 미치는 영향을 분석하였다.

연구방법으로는 선행연구를 중심으로 문헌검토를 실시하였고, 전산유체역학(CFD: Computational Fluid Dynamics, 이하 CFD) 모델을 활용하여 열 환경을 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 통해 대상지의 현재 열환경 상태를 고려하고 가장 환경적 부하가 적은 적합한 공동주택 단지의 유형을 도출해내고, 각 유형별 효과를 파악하고자 하였다.

2. 이론적 검토

2.1 도시 열환경

도시 열환경에서 지배적인 영향을 미치는 현상은 도시 열섬현상(urban heat island)으로, 여름철에 큰 영향을 미치고 있다. 도시열섬은 도시 안에 있는 특정 지역이 주변의 교외 지역에 비해 상대적으로 더 높은 기온을 나타내는 현상으로, 일정한 기간 동안의 교외 지역과 해당 지역 간의 가장 높은 온도의 차이가 2도 이상을 보이게 되면 도시열섬현상이 나타난다고 분석하고 있다. 이러한 도시열섬효과는 도시 내 대기오염물질과 결합하여 대기의 정체를 만들고, 도시 외부로부터 불어 들어오는 신선한 공기를 막는 돔과 같은 효과를 부수적으로 만들어냄으로써 환경적으로 부정적인 결과를 가지고 온다.

보다 세부적으로 도시 열환경에 영향을 미치는 요소는 도시협곡(urban canyon)이라고 불리우는 독특한 공간 구조이다. 이는 바람의 유동을 막거나 반대로 상당히 강하게 만들어내는데 영향을 미친다. 이는 가로벽과 가로폭이 이루는 비율로 정의된다.

다음으로 도시 내 열환경에 영향을 미치는 요소는 공원녹지나 가로수가 만들어내는 온도 하강 효과와 인접한 건축물 및 도로에서 배출되는 인공열의 급격한 차이에 의해서 만들어지는 대류효과이다. 이는 정체된 도시 내 공기층의 대류를 만들어냄으로써 공기 냉각, 공기 정화 등의 긍정적 효과를 만드는 것으로 알려져있다.

2.2 도시 열환경

본 연구와 유사하게 공동주택을 이용하여 도시 내 미기후의 변화를 관찰한 논문들은 다음과 같다. 먼저, 박진철·배용규(2021)는 서울시 한강변에 위치한 반포 주공아파트를 대상으로 현장 실측과 3차원 미기후 모델링 프로

그랩인 ENVI-met을 이용하여 도시민의 공동주택단지 외부공간에서 보행자가 느끼는 온도분포를 분석하며 단지 내에서 온도 분포 양상이 달라질 수 있음을 확인했다[1].

배웅규·윤기학(2012)은 유형 별로 공동주택 단지내에 외부공간에 대한 온도분포 양상이 다르게 나타날 수 있으며, 그에 따라 쾌적성에 차이가 나타게 된다는 점을 바탕으로 공동주택의 대표 유형을 도출하고 각 유형의 열환경과 풍 환경을 분석하여 도시 열섬현상 완화에 효과적인 유형을 도출하였다. 이에 따라 가장 높은 수치를 기록한 유형과 가장 낮은 수치를 기록한 유형은 모두 혼합형임을 확인했다[2].

배웅규·송두삼(2011)은 주거단지를 대상으로 문헌검토를 중심으로 도시열섬에 영향을 미치는 도시설계 및 건축설계 요소를 도출하였다. 이를 통해 각 요소별 중요도를 도출함으로써 향후 주거단지의 도시열섬 완화를 위한 계획요소와 가이드라인을 도출했다[3].

다음으로 CFD 시뮬레이션을 활용하여 적절한 수준의 도시형태 및 건축물 형태를 제안한 바 있는 연구들은 다음과 같다. 조정훈 외(2012)는 일본 도쿄 신주쿠 지역의 초고층빌딩 밀집지역을 대상으로 CFD 해석 시뮬레이션을 실시하여 이 결과와 풍동실험 데이터를 비교하여 검증 및 분석하였다[4]. 김민경(2009)은 건축물의 배치, 지붕 형태 등을 단순화한 모델을 활용하여 미기후 디자인 요소를 패시브 하우스에 적용했을 경우의 에너지 소비량 변화를 시뮬레이션한 바 있다[5]. 조경숙 외(2015)는 완주 화암사를 대상으로 자연환경요소의 특성을 분석하고, CFD 시뮬레이션을 이용하여 목부재의 부식에 풍속 및 습도가 미치는 영향을 분석한 바 있다[6].

이들 연구들은 첫째, 현재의 상황만을 분석하여 대안을 제시하거나 표준화된 모델을 작성 후, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 대안을 제시함으로써 연구의 수용성에 한계를 드러낸 바 있다. 둘째, CFD 시뮬레이션을 실시함에 있어서 주변의 도시형태를 충분히 모델링하여 실시하지 않고 해당 관심 영역만을 시뮬레이션함으로써 도시적 맥락을 고려하지 못했다는 한계를 노정한 바 있다. 셋째, 실측데이터와 CFD 시뮬레이션의 혼합을 하지 못하고 대부분 CFD 시뮬레이션에만 치중한 한계를 노정한다. 시뮬레이션은 어디까지나 현실에 대한 모사로 이를 이용해서 가상의 시나리오들을 확인해볼 수 있다는 장점은 있으나 실제 현상과의 정합성 검토가 없어서는 현실 모사 도구로서의 가치를 갖기 어렵다. 이를 극복하기 위한 실측 중심의 연구가 이루어지기도 하고, 일부적으로 실측

데이터를 활용하기도 하고 있으나 공식적인 기록이 아닌 연구자 자체 측정결과를 활용하여 연구의 객관성에는 한계를 보인 바 있다[1,7].

이러한 한계를 극복하고자 본 연구는 첫째, CFD 시뮬레이션을 실시하되, 실제로 제안되어 수상을 한 계획을 선정하여 대상지에 배치함으로써 실제로 가능성이 높은 대안을 검토하였다. 둘째, 주변을 둘러싼 반경 0.5km 이상의 도시형태 및 피복을 모델링함으로써 도시적 맥락에서의 영향을 분석하였다. 셋째, 공인된 실측데이터인 기상청의 자동기상측정망(AWS: Automatic Weather Station, 이하 AWS) 데이터를 활용하여 CFD를 수행함으로써 시뮬레이션 결과의 객관성 및 공인성을 확보하고자 하였다.

3. 분석체계

3.1 분석 대상지역 개요

연구목표를 달성하기 위해 분석 대상지는 2단계로 선정하였다. 1차 대상지인 신월리 초등학교가 위치한 신월리 343-1번지에는 기상청에서 운영 중인 AWS가 설치되어 있어 정확한 기상데이터를 시계열적으로 획득할 수 있다는 장점이 있어 선정했다. 실제로 기상청에서 운영하는 AWS 설치 지역은 전국적으로 약 500여 곳으로 이 중에서 데이터가 정상적으로 송출되고 제공되는 곳, 대상지에서 지형이 미치는 영향을 배제할 수 있을 정도로 평탄한 지역, 도시개발이 많이 진행되지 않아서 다양한 변인을 통제할 수 있는 곳을 선별했다. 특히, 해당 대상지는 전체 영역의 대부분 특히, 여름철 바람이 불어들어오는 남측에 개발이 전혀 이루어지지 않아서 시뮬레이션을 통해서 수많은 변인을 통제할 수 있을 연구를 진행할 수 있기에 이를 선정했다. 해당 대상지역은 제2종 일반주거지역이며, 대상지의 남측에 광범위하게 미개발된 지역은 자연녹지지역으로 설정되어 있었다. 서북구청을 중심으로 여러 유형의 공동주택단지 외에 2 곳의 초등학교, 저수지 등이 위치해 있으며 직산역이 1km 이내에 위치해 있는 특징이 있다.

다음으로 도시 내 열환경에 영향을 미치는 요소는 공원녹지나 가로수가 만들어내는 온도 하강 효과와 인접한 건축물 및 도로에서 배출되는 인공열의 급격한 차이에 의해서 만들어지는 대류효과이다. 이는 정체된 도시 내 공기층의 대류를 만들어냄으로써 공기 냉각, 공기 정화 등의 긍정적 효과를 만드는 것으로 알려져 있다.

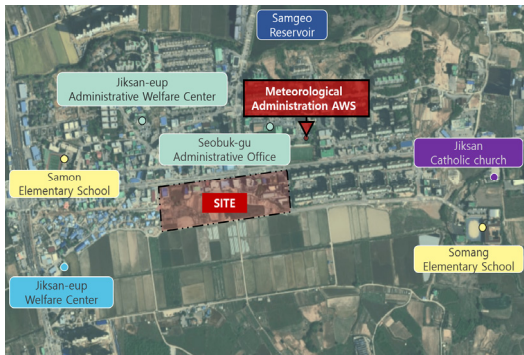


Fig. 1. Site Status

2차 대상지인 직산읍 삼은리 455번지 일대는 현재 나지로 비어져있고, 기상청 AWS 인근 지역(150m 이격)이며, 삼은초등학교 등이 인접해 향후 개발 시, 교육환경영향평가 대상이 되는 환경적 부하에 대한 검토가 중요한 지역이다. 이 지역의 토지이용은 제2종 일반주거지역으로, 개발이 이미 진행된 북측의 대부분은 공동주택으로 건설되고 있고, 남서측으로 수도권 지하철 직산역이 인접해 향후 이 대상지에 역시 공동주택단지가 개발될 가능성이 많다고 판단되었다. 후에 의미있는 가이드라인을 제시할 수 있는 특징을 도출할 수 있을 것으로 판단하여 이 대상지를 선정하였다.

3.2 적용 공동주택 계획안

연과거 1990년대 이전의 공동주택의 주동유형은 소위 판상형으로 불리우는 ‘—’자형 주동이 대부분을 이루었다. 일부 탑상형의 주동이 건축되기는 하였으나 아주 극소수였다. 2000년대 이후 공동주택의 브랜드화가 강화되고 정책적으로 도시경관의 다양성 제고를 위해서 공동주택 주동형태의 다양화를 장려하면서 탑상형 주동이 다수 나타나기 시작했다[8].

하지만 탑상형은 전통적인 남향 선호의 니즈를 만족시키기 어렵고, 개발시 용적률의 극대화에도 불리하기 때문에 최근에는 순수 탑상형 보다 탑상형과 판상형을 절충한 혼합형 주동이 많이 건축되고 있다. 특히, 최근 공동주택의 공동체 특성 강조에 따라 클러스터 강조, 주동 형태의 다양화로 인한 주동 요철의 증가 등의 경향이 나타나고 있다. 이러한 혼합형 공동주택 주동은 주동의 형태, 배치, 녹지 등의 비율에 의해 다양한 결과를 가지고 올 수 있으므로 환경 성능 제고를 위해 면밀한 검토가 필요하다[3].

이러한 문제의식 속에서 최근 공동주택 설계안을 선정하기 위해서 ‘2020 대한민국 공공주택 설계공모 대전’에서 수상(당선작, 2등작, 3등작)한 계획안을 선정했다. 이 대전에 출품되어 수상을 한 바 있는 16가지의 대상지와 각 대상지 별로 계획되어 수상을 한 42점의 공모작들 중 선정하였다.

대상지 및 출품작품의 선정 기준은 해당 대지가 본 연구의 대상지와 비교하였을 때 첫째, 대지의 형태가 가장 적합하고, 둘째, 대상지 주변상황에 대해 자연녹지 지역이 근접해있고 주변에 하천이 있으며, 다른 공동주택 단지가 근접한 등의 특징이 가장 근접한 대상지를 선정하였다.

그렇게 선정하게 된 출품 대지는 ‘울산 태화강변’에 계획되어 수상을 한 당선작과 2, 3위 작품 총 3개 계획안들이다.

Table 1. Modeling result by Plan

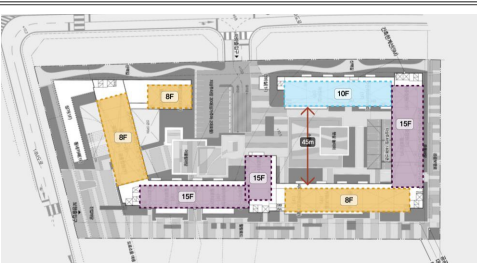
	Plan	Model
1st Prize		
2nd Prize		
3rd Prize		
3rd Prize modified		

Table 2. Base Building Specifications by Plan

	1st	2nd	3rd	3rd modified
Site Area (㎡)	10,085.00	10,085.00	10,085.00	10,085.00
Building Area (㎡)	3,217.66	3,015.90	3,951.47	3,517.84
Total Floor Area (㎡)	21,957.06	21,843.08	21,593.49	21,593.49
Ground Floor Area (㎡)	16,113.3	16,117.88	16,086.19	16,086.19
No. of Households (units)	324	324	324	324
Composition of No. of Floors	6, 7, 8, 10, 14, 15	4, 5, 8, 10, 12, 13, 15	1, 2, 3, 4, 8, 10, 15	1, 2, 3, 4, 8, 10, 15
Building Coverage Ratio (%)	34.19	29.90	39.18	34.88
Floor Area Ratio (%)	159.77	159.82	169.51	169.51

이 3가지의 설계안을 본 연구 대상지에 배치하고, 시물레이션을 위해서 대상지 주변의 공동주택단지와 너비와 높이 비율을 참고하여서 모델을 단순화하여 모델링하였다. 추가로, 판상형이 병렬적으로 배치된 유형인 ‘二’자 유형의 환경적 특성을 살펴보고자 3등작을 바탕으로 하되 약간의 수정을 가한 3등작 변형 유형을 추가하였다. 이들 4개의 계획안을 본 연구 대상지에 적용해보고, 그에 따른 열 환경을 분석해보고자 하였다. 이에 따라 현재 상태 모델, 당선작이 배치된 모델, 2등작이 배치된 모델, 3등작이 배치된 모델, 3등작 변형 유형이 배치된 모델 총 5개의 모델이 준비하였다.

Table 3. Site plan and Specification by Plan

	Site plan and Specification
1st Prize	



3.3 분석방법 및 모델

3.3.1 활용자료

해당 대상지 내의 건물 및 도로의 현황 등이 담긴 자료는 국토지리정보원에 제공하는 2005년도 수치지형도 데이터를 활용하였다. 다만, 이 정보가 과거의 자료인 관계로 이를 바탕으로 상용지도포털과 항공사진을 활용하고 현장방문을 통해서 2021년 기준으로 이를 최신화하였다.

또한, 기상자료는 기상청 AWS(천안 성거 AWS)에서 제공하는 풍속, 풍향, 온도, 습도 자료를 사용했다. 이중 모델 검증을 위해서는 2021년 7월 10일 오전 6시 ~ 오후 7시 자료를 사용했다. 계획안별 해석을 위해서는 2021년 7~8월의 평균 풍속, 평균 풍향, 평균 온도, 평균 습도 등의 데이터를 활용했다.

3.3.2 모델개요

본 연구에서는 CFD모형을 활용하여 시물레이션을 시행했다. 이는 유체 흐름에 관한 지배방정식인 나비에-스톡스 방정식(Navier-Stokes Equation)을 유한체적법

(FVM. Finite Volume Method)를 사용하여 이산화함으로써 변환된 대수 방정식을 수치 기법의 알고리즘을 사용하여 유체 유동문제를 해석하는 것이다. 또한, 대표적인 난류모델인 Realizable K-epsilon Turbulence 모델이 적용되었다. 이러한 모형의 CFD시뮬레이션 실시를 위해서 Siemens사의 STAR-CCM+ v13.06을 활용하였다.

3.3.3 해석대상

앞서 완성된 모델의 격자생성 역시 STAR-CCM+에서 수행하였으며, 격자의 종류는 Trimmed Mesh와 Prism Layer를 적용하였다.

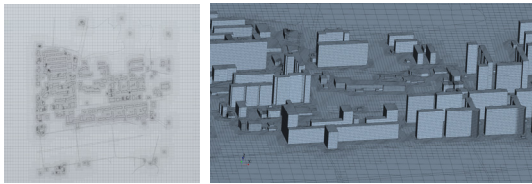


Fig. 6. Grid Formation of Models

각 모델별로 적용 안의 형태가 다소 달라서 격자 수의 차이는 났으나 대부분 약 2천 5백만 개 내외의 격자가 생성되었다.

3.3.4 경계 조건 및 기후 입력조건

이 분석을 위해서 적용한 경계조건은 아래와 같다. 피복은 기본적인 대지, 녹지, 물, 아스팔트, 건축물(콘크리트), 흙으로 상정하여 다음의 열복사 특성을 정의하였다 [9,10]. 열복사 특성은 각각 밀도(ρ), 비열(C_p), 열전도계수(k), 방사율(ϵ)이다. 여기서 지표면의 두께는 표피의 온도변화 영향을 받지 않도록 충분한 깊이(4m)까지 설정하였다. 단, 녹지의 경우에는 증발잠열을 고려하였다.

Table 4. Boundary Conditions

Contents		Conditions
Domain Size		1500m × 1500m × 100m
Cell Type		Trimmed Mesh
Cell		25,000,000
Prevailing Wind Direction		SouthWest(227°)
Inlet	Velocity	0.77m/s(Height: 10m), $\alpha=0.25$
Outlet Condition		Pressure Outlet
Surface Condition		Concrete, Asphalt, Green, Water, Soil

Table 5. Property of Surface material

	ρ kg/m ³	C_p J/kg·K	k W/mK	ϵ
Concrete	2050	960	1.0	0.81
Asphalt	2120	920	0.698	0.96
Green	1500	1842	2.6	0.6
Water	1000	4187	0.598	0.1
Soil	1500	1842	2.6	0.6

이 지역은 기상청 AWS가 설치된 지역으로 이 지역의 2021년 7~8월 평균풍속, 평균온도 값을 활용했다. 평균 풍향이라는 개념은 없어, 측정된 풍향 중 가장 자주 관찰된 것을 해당 지역의 지배적인 풍향으로 정의했다. 이로써 남남서쪽(227도)에서 0.77 m/s의 바람이 26.5℃로 불어오는 것을 상정하였다.

4. 분석결과

4.1 모델 검증

각 시나리오 검증 전에 기초 물리모델에 대한 현실 반영 수준을 검증했다. 이를 위해 기상청 AWS에서 2021년 7~8월 사이의 평균온도 26.5℃와 가장 가까운 7월 10일을 기준으로 오전 6시부터 오후 7시까지 시간별로 AWS 측정 온도를 추출한 후, 예측모델 역시 같은 시간 변화를 고려한 unsteady 시뮬레이션을 실시, 이를 비교했다. 전체적으로 시뮬레이션 결과치가 AWS 측정치에 비해 온도가 높게 나타났다. 두 수치 간의 상관관계는 0.96으로 상당히 높은 수준으로 나타나 본 연구모델의 적합성을 확인했다.

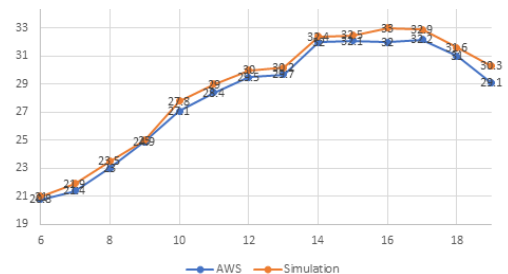


Fig. 7. Comparison of AWS Measurements and CFD Simulation Results

4.2 현재 대상지 적용 결과 분석

전술한 모델을 기반으로 steady 해석을 시행하여 평

균적인 열환경 분포 시뮬레이션을 수행했다. 결과, 가열된 대지로부터의 복사열이 남서측에서 불어오는 느린 바람에 의해 북동측으로 이동이 관찰됐다.

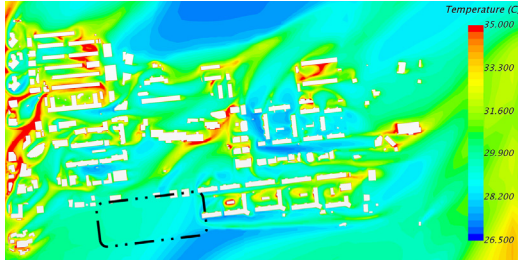


Fig. 8. Simulation Results of Current State of Target Area

대상지 및 대상지의 남측이 대부분 녹지로 이루어져 있고, 개방되어 있어서 대상지 북동측과 동측의 건축물들 주변에 열이 정체되었다. 이 열은 대상지를 거쳐 북동측으로 이동하다 북측의 녹지와 수공간에 의해서 냉각되며 더 오히려 동측은 상대적으로 온도가 낮게 나타났다. 또한, 대상지 동측의 아파트 단지(삼환 나우빌 아파트)에 의해서 그 동측에 광범위한 냉각효과가 나타나는 것을 관찰할 수 있었다.

4.3 대안별 분석 결과

4.3.1 당선작

당선작 적용 결과, 대상지를 통과하던 열은 대상지에 새롭게 계획된 주동에 막혀 주동 내부와 주동의 북동측에 냉각효과가 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 효과는 대상지의 북동측 건축물 주변에서 두드러졌다. 반대로 북측의 일부와 먼 북동측, 동측의 공동주택 주변에서 온도상승이 나타났다.

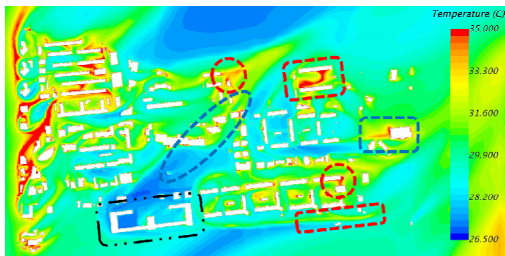


Fig. 9. Comparison of Current Status and 1st Prize

4.3.2 2등작

2등작 적용 결과, 당선작과 마찬가지로 대상지의 북측 및 북동측에 광범위한 냉각효과가 나타났다. 이러한 효과는 당선작보다 더 먼 북동측까지 영향을 미쳤다. 하지만 당선작과 달리 동측의 공동주택단지의 중정부에서 열이 정체되며 온도가 상승했으며, 이는 해당 공동주택의 북측까지 나타났다.

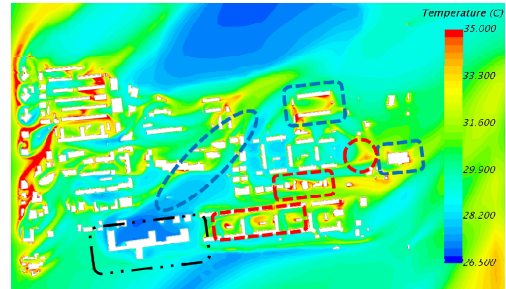


Fig. 10. Comparison of Current Status and 2nd Prize

4.3.3 3등작

3등작 적용 결과, 2등작에 비해 북동측으로 더 광범위한 냉각효과가 나타났다. 특히, 2등작이 대상지 동측의 공동주택 내 중정에 열이 정체되면서 온도가 상승되는 것에 비해 3등작은 먼 동측의 공동주택 및 그 주변에 일부 온도 상승효과 이외에 동측에 인접 공동주택 내 중정의 온도 저감효과를 가지고 왔다. 이는 주동의 형태가 바람이 불어오는 방향으로 열린 'ㄷ'자를 채택한 것이 영향을 준 것으로 풀이된다.

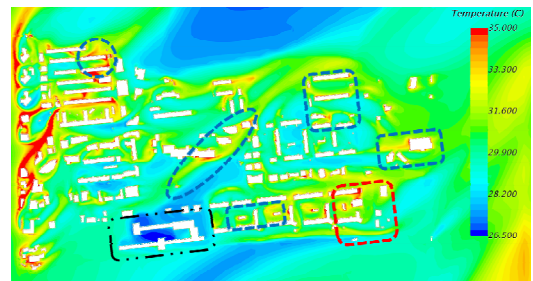


Fig. 11. Comparison of Current States and 3rd Prize

4.3.4 3등작 변형 유형 ('ㄷ' 자형)

3등작을 변형한 유형인 'ㄷ' 자형 주동을 적용한 결과 3등작과는 다른 결과가 나타났다. 오히려 2등작인 'ㄷ'자형과 유사한 양상으로 보이며 대상지 동측 및 동북측 근

접지역에 광범위한 온도 상승효과를 가져왔다. 하지만 그보다 더 먼 지역들과 대상지 북측에 대해서 강한 냉각효과를 가져왔다.

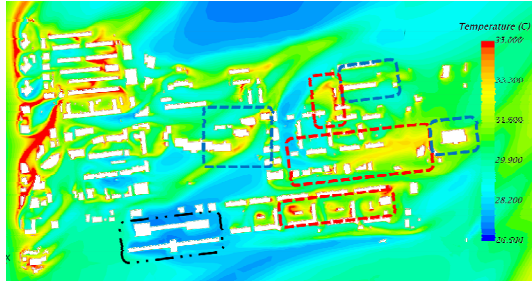


Fig. 12. Comparison of Current States and 3rd Prize modified

4.4 대안별 비교

대안별 평균 온도분포 차이를 비교하기 위해서 10m 단위로 총 10,000개 지점에 대해서 온도값을 추출하여 평균값을 도출하였다.

각 대안별 평균 온도를 비교할 때 상대적으로 당선작의 온도저감 효과가 우수한 것으로 나타났다. 실제로, 계획안이 적용되기 이전 보다 0.004℃ 정도 저감효과가 나타났고, 2등작, 3등작, 3등작 변형 유형에 비해서는 각각 0.02℃, 0.035℃, 0.15℃의 저감효과가 나타났다. 이는 당선작의 열린 ‘ㄱ’자 주동에 의해서 북동측에 광범위한 냉각효과가 나타났기 때문으로 풀이된다. 이는 서남측에서 불어오는 바람을 대각선 방향으로 막아섬으로써 냉각효과가 광범위해졌고, 3등작의 경우에는 바람이 불어오

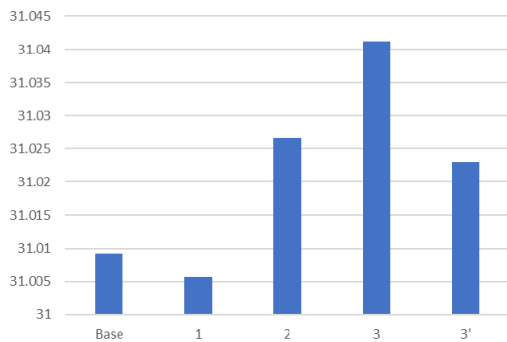
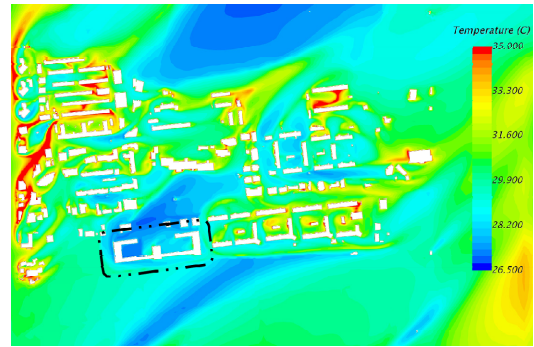
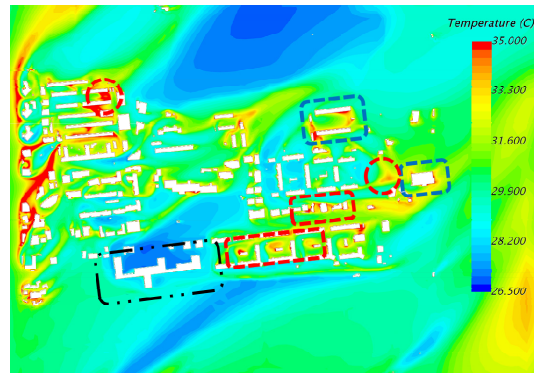


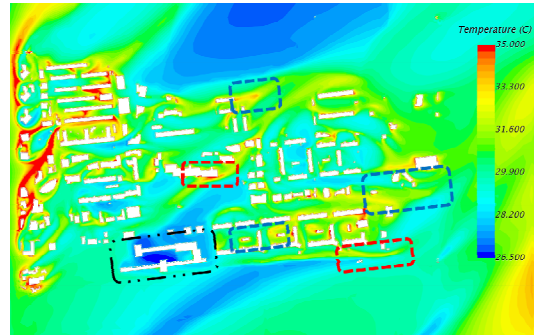
Fig. 13. Average Temperature of Base, 1st Prize, 2nd Prize, 3rd Prize and 3rd Prize modified



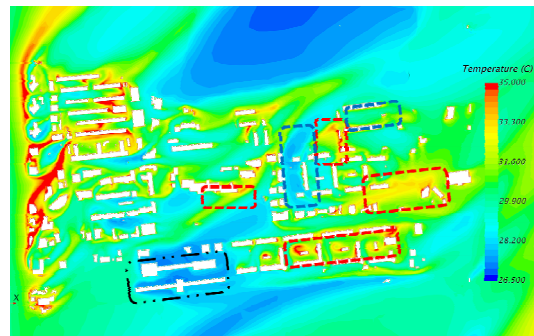
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 14. Comparison of Simulation results

(a) 1st Prize (b) 2nd Prize (c) 3rd Prize (d) 3rd Prize modified

는 방향으로 열린 'ㄷ'자가 바람에 의한 냉각효과를 증정에 한정하였기 때문에 풀이된다. 또한, 3등작 변형 유형의 경우에는 2등작 및 3등작에 비해서 두 주동 사이의 바람의 통과가 가능하여 냉각효과가 더 커졌으나 북측의 긴 주동이 막아섬으로써 당선작에 비해서는 냉각효과가 크지 못했던 것으로 풀이된다. 이러한 결과는 바람의 방향을 고려한 주동의 형태 선정은 물론, 주동의 배치가 중요함을 시사한다.

다음으로 당선작, 2등작, 3등작, 3등작 변형 유형 간의 온도 변화에 대해서 정성적인 비교를 하고자 한다. 당선작을 기준으로 2등작과 3등작의 차이를 살펴보고자 하였다. 먼저, 당선작에 비해서 2등작은 동측에 인접한 공동주택의 중정에 열이 정제되면 온도가 상승하는 것으로 나타났다. 반대로 더 먼 동측, 동북측의 주동들에서는 상대적으로 온도가 저감되는 효과가 나타났다. 당선작에 비해서 3등작은 동측과 먼 지역에는 온도 저감효과가 관찰되었다.

하지만 인접한 북측 지역과 남동측의 먼 지역에는 온도가 상승되는 효과가 도출되었다.

정량적 분석 결과와 마찬가지로 당선작에 비해서 3등작은 북측의 온도 저감효과가 매우 좁은 것을 육안으로 도 확인할 수 있었다.

마지막으로 당선작에 비해서 3등작 변형 유형은 북측과 동측 인접지역에서 광범위하게 온도가 상승된 것이 관찰된다.

다만, 2개의 주동 사이에서 바람이 빠져나가면서 형성된 바람길을 따라 일부 먼 북동측의 지점들에서 아주 좁은 지역에 한해서 강한 온도저감 효과가 관찰된다. 이러한 결과에 의해서 3등작 변형 유형은 2, 3등작에 비해서는 평균온도가 낮고 1등작에 비해서는 평균온도가 높은 결과가 나타난 것으로 풀이된다.

둘째, 주동의 형태에 따라서 열의 유입을 차단하는 효과가 상이함을 확인할 수 있었다. 실제로, 바람의 방향에 직각으로 'ㄱ'자와 가까운 형태로 건물을 배치하면 바람의 속도를 떨어뜨리고 열을 차단하는 효과가 나타남을 확인할 수 있었다. 특히, 주동의 형태에 따라서 유동의 차단 효과가 상이한 것으로 나타났으며, 열린 'ㄱ'자(당선안)가 'ㄷ'자(2등작), 'ㄷ'자(3등작)와 에 비해서 온도 저감 효과가 크지는 않지만 더 광범위한 영역에 온도 저감효과를 가져오는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 바람이 들어오는 방향으로 열린 'ㄷ'자는 중정 내부의 온도 저감효과는 극적이었으나 대부분의 유동이 중정에 갇히면서 저감효과가 외부로 확대되지 못하는 것을 알 수 있었다.

이러한 연구결과는 향후, 이 지역의 단지계획시 공동주택 주동의 형태와 배치 등을 결정할 때, 유용한 참고자료가 될 수 있다. 또한, 실측치를 기반으로 시뮬레이션을 수행하여 모델을 검증하고, 이를 실제 유사한 배경을 갖는 다른 대상지에 실제 적용을 위해 작성된 계획안들을 검토했다는 점에서 최대한 연구결과의 실제성을 제고했다는 점에서 의미가 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 한계를 가지고 있다. 먼저, 더 많은 대안을 검토하여 공동주택 디자인을 함에 있어서 표준 형태와 표준 배치를 제시하지는 못했다는 점에서 한계를 갖는다. 그리고 실제 대상지에 계획되었던 서로 다른 배치유형을 갖는 공동주택 계획안을 적용함으로써 실제성을 확보한 반면에 높이라는 변수를 완벽하게 통제하지 못했다는 한계가 있다. 공동주택의 단지의 또한, 녹지와 녹지에 의한 증발산 효과를 모델링하였으나 실제로 녹지 디자인의 변화에 따른 효과를 연구하지는 못했다. 이는 변수를 하나라도 통제하기 위함이었으나 열 환경 관리에서 녹지가 갖는 영향을 고려할 때 향후 연구에서 다루어질 필요가 있다고 사료된다.

5. 결론

위와 같은 결과를 통해서 다음의 시사점을 정리할 수 있다. 첫째, 주동 형태가 변화됨에 따라서 인접 지역의 온도 변화 뿐 아니라 보다 먼 거리에 대해서도 온도 변화 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 실제로 그 차이는 주변에 비해서 1℃ 내외의 차이를 갖을 수 있었으며, 이는 유동의 흐름 및 속도에 영향을 받고 있었음을 확인할 수 있었다. 이러한 효과는 반경 200m 내외까지 영향을 미치고 있었음을 확인할 수 있었다.

References

- [1] J. C. Bak and W. K. Bae, "A Study on the Characteristics of the 24-hour Temperature Distribution of Pedestrian Level in the Outdoor Space of Apartment Complex through CFD Simulation", *Urban Design Institute Conference 2021*, pp.19-24, Apr. 2021.
- [2] W. K. Bae and K. H. Yoon, "A Design Guideline of the Apartment House Complex for Mitigation of Heat Island Effect - For the planning agenda constructed and elected in 2005~2010", *Journal of The Urban*

Design Institute of Korea, Vol.13, No.2, pp.47-60, Apr. 2012.

- [3] W. K. Bae and D. S. Song, "Urban Design Elements for the Mitigation of Urban Heat Island Effect according to Urban Spatial Hierarchy", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.27, No.6, pp.195-205, Jun. 2011.
- [4] J. G. Coh, S. R. Yim, and K. S. Lee, "A Study on the Evaluation of Wind Environment and Analytical Method Using CFD Analysis", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol.28, No.7, pp.99-107, Jul. 2012.
- [5] M. K. Kim, "Passive House Design Methods using Microclimate Modifications", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.25, No.8, pp.39-47, Aug. 2009.
- [6] K. S. Cho, S. Y. Paek, Y. S. Kim, H. K. Nam, and S. H. Kim, "A Study on the Characteristic Micro-Climature of Wanju Hwaamsa Temple using the Field Measurement and CFD Analysis", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.31, No.12, pp.11-19, Dec. 2015.
DOI: https://doi.org/10.5659/IAIK_PD.2015.31.12.11
- [7] G. W. Lee and Y. N. Jeong, "An Observation Study of the Relationship of between the Urban and Architectural Form and Microclimate", *Asia-Pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.8, No.11, pp.109-119, Nov. 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.35873/ajmahs.2018.8.11.012>
- [8] B. H. Lee, G. W. Lee, and Y. H. Yeo, "Comparative Study of Environmental Sustainability in Basic Community Planning for Multiple Stock Housing based on Lay-out Types", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.26, No.10, pp.271-282, Oct. 2010.
- [9] E. J. Park, Quantification of CO₂ Uptake by Urban Trees and Greenspace Management for C Sequestration, Gyeonggi Development Research Institute, 2009. pp.25-30.
- [10] J. H. Lee, J. G. Kim, and J. O. Yoon, "CFD Simulations of the Ground Surface Temperature and Air Temperature, Air flow Coupled with Solar Radiation", *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vol.14, No.3, pp.65-70, Jun. 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2014.14.3.065>

장 예 나(Ye-Na-Jang)

[준회원]



- 2018년 3월 : 호서대학교 건축학과 입학

<관심분야>

건축설계, 도시설계, 도시 미기후관리, 도시재생

이 건 원(Gunwon Lee)

[중신회원]



- 2006년 2월 : 고려대학교 한국사학과 졸업/건축공학과 복수전공 수료
- 2008년 2월 : 고려대학교 건축공학과 건축계획학 전공 석사
- 2016년 8월 : 고려대학교 건축학과 도시계획 및 도시설계학 전공 박사
- 2009년 3월 ~ 2014년 2월 : (주)서울건축 종합건축사사무소 사원/대리
- 2014년 3월 ~ 2017년 2월 : 목원대학교 건축학부 조교수
- 2017년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 건축학과 조교수, 부교수

<관심분야>

도시설계, 도시재생, 스마트시티, 지속가능한 도시, 도시 미기후 관리