

건물과 녹지배치가 외부 열환경 변화에 미치는 영향 분석 Effect of Building and Green on Outside Thermal Environment

손원득¹, 최현상², 최영식^{3*}
Won-Tug Son¹, Hyun-Sang Choi², Young-Sik Choi^{3*}

<Abstract>

Significant air temperature increases in urban areas are known as the heat island phenomenon in a global scale. Therefore, we use CFD simulation in order to analyze quantitative effects by placing a Building and Green on the heat island phenomenon in urban area. The present study quantitatively analyzes the Urban Heat Island Effects, Outdoor air temperature, and Humidity and air flow.

Keywords : Air Temperature, Humidity, Air Flow, Green, Heat Island, CFD

1. 서 론

지구온난화 같은 일련의 지구환경 변화는 건축환경과 상호 밀접한 관계를 지니고 있다. 특히 근년 지구상에 일어나고 있는 이상기상(異常氣象)은 건축가들의 깊은 관심의 대상이 아닐 수 없다.

지구 대기에는 마치 온실처럼 태양에서 나오는 열을 흡수하고 열의 방출을 막는 자연적으로 형성된 기체들이 있다. 이 온실의 유리처럼 대기권에 있는 기체들은 지구표면에서 열을 가두어 두는 기능을 한다. 이런 자연적인 온실효과가 없으면 지구는 우리들이 살기에 알맞은 온도를 유지할 수 없다.

최근 이상기상 현상이 지구촌 곳곳에서 발생하면서 그 원인과 대책에 대한 관심이 세계적인 관심사가 되고 있다.

세계기상기구(WMO : World Meteorological

Organization)에서는 기온과 강수량을 대상으로 정량적 통계분석에 의한 이상기온의 발생수와 변화를 취급하는 경우에는 월평균 기온이나 월 강수량이 30년에 1회 정도의 확률로 발생하는 기상현상을 이상기상(異常氣象)이라고 하고, 월 평균기온이 정규분포인 경우 평균값으로부터 편차가 표준편차의 2배 이상 차이가 있을 때를 “이상고온” 또는 “이상저온”이라고 하고 있다.¹⁾

아프리카를 비롯한 일부 지역에서는 계속되는 가뭄에 따른 식량부족과 식수오염으로 인하여 기근과 질병이 심각하다. 또한 미국과 유럽 등 다른 지역에서도 폭설, 폭우 등의 현상이 과거보다 자주 발생하여 막대한 경제적 피해뿐 아니라 인명피해도 속출하고 있다. 문제는 이러한 온난화가 수천수만 년에 걸쳐서 진행되는 변화가 아니고, 진행방향이 주기적이 아니며, 진행속도가 매우 빠르다는 점이다.

과학자들의 분석에 의하면 이와 같은 이상기

¹정회원, (주)EAN테크놀로지 이사, 工博,
²준회원, 연세대학교, 대학원, 건축공학과
³교신저자, 영남이공대학교 교수, 건축과, 工博,
E-mail : cys@ync.ac.kr, 053-650-9325

¹Director of EAN Technology, Ph.D.
²Graduate School of Yonsei Univ., Dept. of Architectural Engineering
³Corresponding Author Prof. Dept. of Architecture Yeungnam College of Science & Technology, Ph.D.

상의 빈번한 발생은 인간 활동에 의해 발생한 온실가스가 대기 중으로 다량 배출됨에 따라 지구 기온이 상승하는 온실효과 즉, 열섬현상(Heat Island)이 그 주원인이라고 한다.²⁾

일본의 센다이시(仙台市)를 대상으로 열화상지도를 작성한 사례에서도 바다, 논, 산림은 기온과 같은 30℃ 정도였으나, 인공구조물로 덮인 시가지가 가장 고온지역으로 약 60℃에 이르고 있다. 특히 교외의 주택지도 숲과 논보다는 확실히 고온지역으로 분석되었다. 숲의 도시라고 불리는 센다이(仙台)에서도 시가지나 주택지에는 녹지가 적은 편이다. 녹지와 지표면의 물을 제거해 버린 시가지에서는 표면온도가 기온보다 약 20℃ 이상이나 상승하였다.

일반적으로 건물의 외부 열환경에 영향을 미치는 기후 인자는 기온·습도·일조·일사·운량(雲量)·강우량·풍향·풍속 등이 있으며 이러한 기후요소는 위도·지형·해류와 같은 천문지리학적 요인과 대기환류·기압·기단과 같은 기상학적인 요인 그리고 식재·인공구조물·지표면의 상태와 같은 물리적 환경요인에 의해 영향을 받는다.

도심과 단지내 열섬효과(heat island)에 영향을 미치는 요인은 알베도(Albedo)의 영향, 식재 및 수공간의 영향, 건축물 배치에 대한 영향 등으로 요약될 수 있다.³⁾

본 연구에서는 건물과 녹지의 배치에 따른 외부 열환경 변화를 분석하고자, 건축물 신축전의 기상요인과 신축후의 기상요인을 비교하였다. 이 때 녹지 조건에 따른 외부 열환경 변화 요인도 분석하였다.

한편, 이 연구의 목적은 향후 도시 열섬저감을 위한 기초자료로 활용하고자 한 것이다.

2. 연구범위 및 방법

2-1. 시기 및 범위

본 연구는 건축물의 신축에 따른 외부 열환경 변화를 예측하고자 수도권(수원지역)에 위치한 공동주택단지 1개소를 대상으로 하였다.

연구대상지 및 분석지점은 현재 시공되고 있는 현장의 특수성을 고려하여 본 연구에서는

제시하지 않았다.

2-2. 연구방법

본 연구에 적용한 시뮬레이션의 경계조건은 수원기상대의 10년(2000~2009)간의 기상청 자료를 인용하여 ECOTECT Analysis 2010를 통한 단지 내외부 국소지역의 일사량을 계산하여 적용하였다(Fig.1참조).

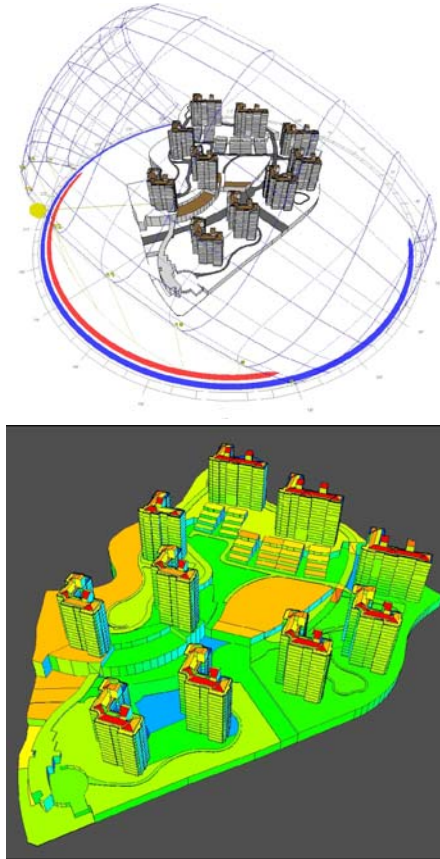


Fig. 1. Modeling for calculation of insolation quantity.

단지 내 외부의 열환경 해석을 하기위하여 CFD(Computational Fluid Dynamics) 기법을 이용하였으며 주변 지형을 고려한 전체 공간을 약 120만개의 Trimmed mesh로 구성하였다(Fig.2 참조).

단지의 모델링은 주변 지형을 고려한 실제 단지 외곽을 유사하게 모델링 하였으며, 실제 단지 녹지율을 그대로 반영하였다. 아울러 복사와 대류를 고려하여 시뮬레이션을 실시하였다.

해석조건은 Table 1에서처럼 건축물 신축 전후의 바람길 변화, 건물 신축전, 건물 신축후(녹

지공간을 계획하지 않은 경우), 건물 신축후(녹지공간이 계획된 경우) 등 총 4가지 case로 가정하였다.

분석지점 설정은 음영영향, 녹지배치 위치등을 고려하여 외부 열환경을 대표할 수 있는 지점 10개소를 설정하였다.

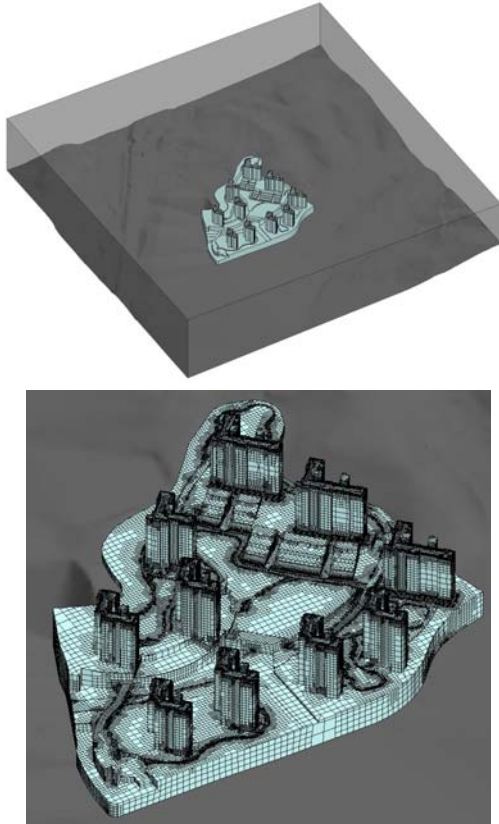


Fig. 2. CFD modeling in consideration of topography.

Table 1. The terms of analysis

구분	분석 항목
CASE 1	건축물 신축 전, 후 바람길 변화 유무
CASE 2	건축물 신축전 하절기 온도, 습도, 풍속
CASE 3	건축물 신축후(녹지공간 없는 경우) 하절기(6~8월) 온도, 습도, 풍속
CASE 4	건축물 신축후(녹지공간 있는 경우) 하절기(6~8월) 온도, 습도, 풍속

2-3. 기상조건

대상지역의 기상조건 분석을 통해 최근의 온난화 현상을 분석하기 위하여 1971년~2000년까지 30년간의 평년값과 최근 10년(1999년~2008년)

을 조사하였으며, 본 분석에는 기후자료로 최근 10년 평년값을 사용하였다.

30년간의 대상지역 기상데이터를 분석한 결과 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 평균온도는 11.6℃, 평균풍속 1.6m/s, 평균 상대습도 72.2%로 나타났으며, 이를 최근 10년간의 기상자료와 비교한 평균기온은 0.6℃, 평균풍속은 약 0.3m/s정도 높아진 것으로 나타났다.

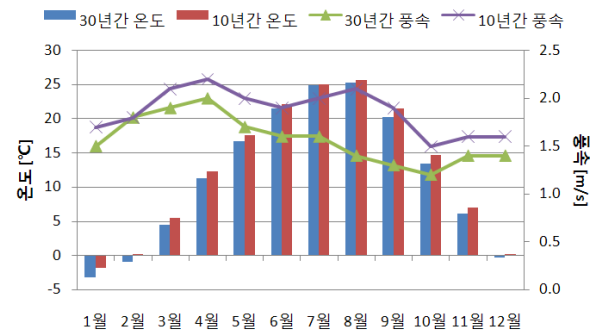


Fig. 3. Change of weather in an area of the subject.

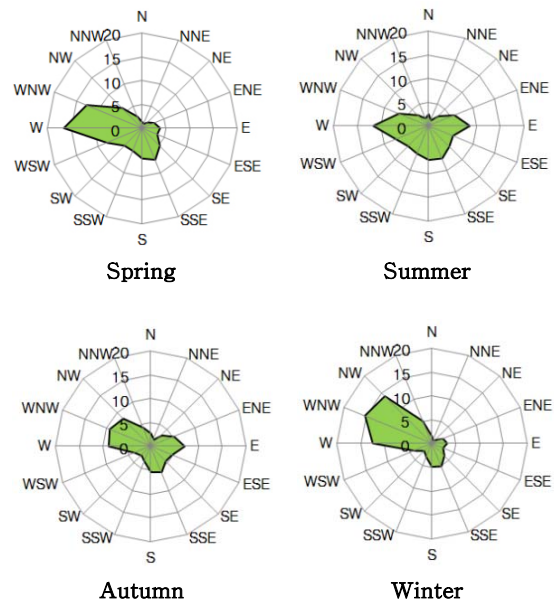


Fig. 4. The direction of the wind (1999~2008).

시뮬레이션에 사용된 최근 10년간의 기상조건은 Fig.4에 나타낸 바와 같이 연평균 기온 12.4℃, 연평균 풍속 1.9m/s, 연평균 상대습도는 65.7%로 나타났다. 또한 연간 주 풍향은 서풍으로 계절별로 봄·여름에는 서풍, 가을·겨울에는 서북서풍으로 나타나 하절기 주야간의 열섬

현상 영향을 검토하기 위해 여름철 서풍을 주 풍향으로 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 건축물 신축 전·후의 바람길 변화

건축물을 신축하기 전 나대지 상태의 평균 풍속은 2.2m/s로 나타났으며, 바람장애를 유발할 구조물이 없으므로 하절기 주 풍향(서풍)에 순응한 바람길을 형성하고 있었다.

건물 신축 후 평가 대상지의 풍속은 주 동후면에 풍속 저하역이 발생하나 최소풍속이 0.4m/s 이상 유지되어 기류가 오랜 시간 정체하지 않은 것으로 예측되며, 단지 중앙에 넓은 광장이 형성되어 있고 주풍향인 서측의 주 동간 이동거리가 넓어 바람장애가 없는 양호한 바람

길이 형성되는 것으로 나타났다.

대상지역의 평균 풍속은 1.8m/s로 나타나 건물 신축 전 대비 약 0.5m/s 저감하는 것으로 나타나 건물 신축 후에 풍속저하 영향은 미미할 것으로 판단되었다.

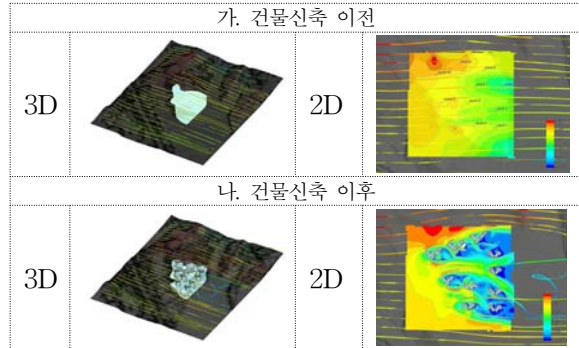


Fig. 5. Change of the wind road.

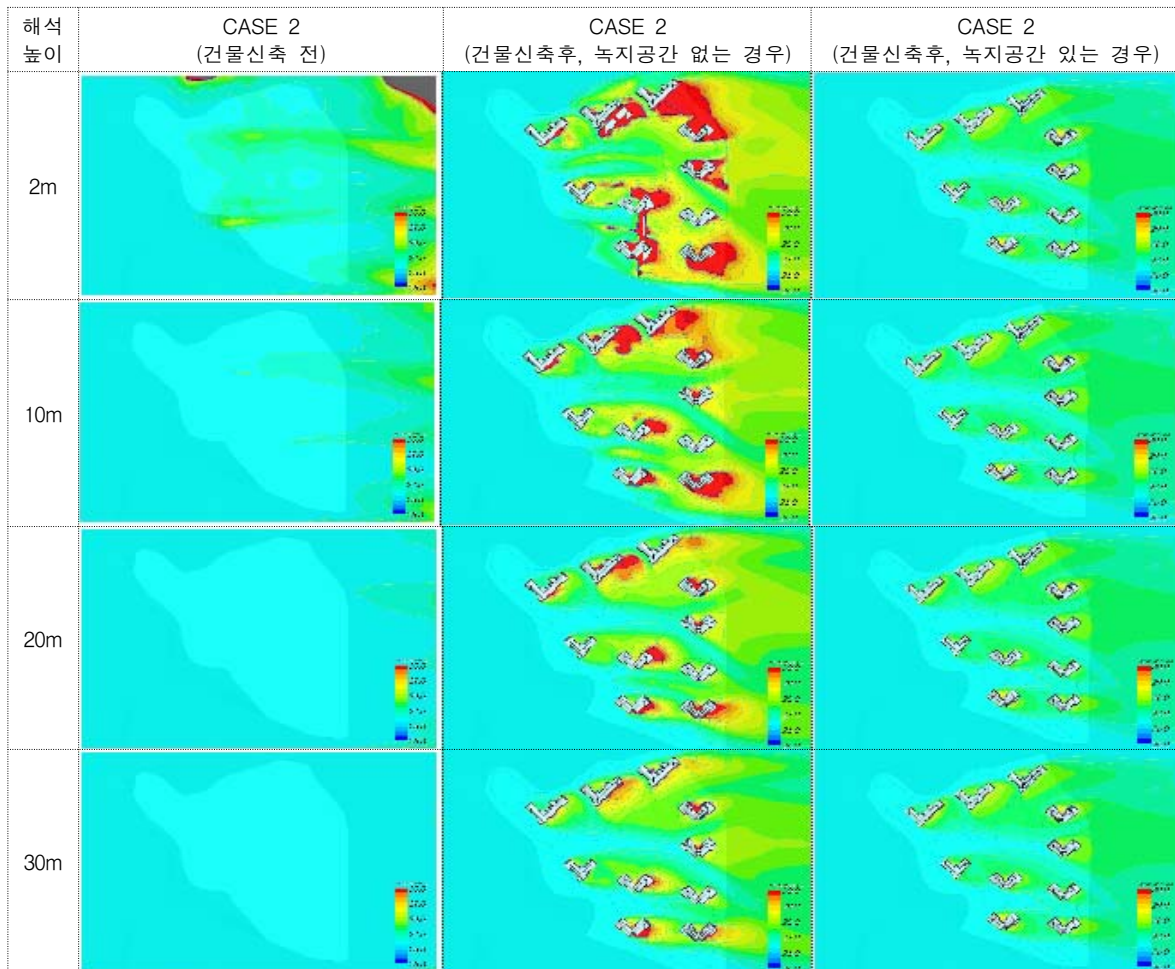


Fig. 6. Result of an estimate on an air temperature (standard at midday).

3-2. 건물 신축 전·후 외부공간의 온열성상 변화

본 연구에서는 계절별 기상특성을 고려하지 않고 도심열섬에 가장 영향이 큰 하절기를 대상으로 분석지점별 일평균 온도, 절대습도, 풍속의 변화를 예측하였다.

건물 신축 이전 경우(CASE 2)의 외부온도는 주간(06:00~20:00) 평균온도 24.9℃, 야간(20:00~익일 06:00) 평균온도 22.4℃로 나타났으며, 이는 수원기상대 하절기(6월~8월) 주야간 평균값과 최고 0.4℃의 차이를 보여 평가대상지의 건물 신축 전 상황은 수원지역 하절기 평균온도와 거의 차가 없는 것으로 나타났다.

습도의 경우 절대습도를 예측하였으며, 예측 결과 주간 13.3g/kg', 야간 13.9g/kg', 일평균 13.6g/kg'로 나타났다. 일평균 절대습도를 상대 습도로 환산 시 76.3%이며 수원지역 하절기 평균상대습도 75.8%와는 0.5%의 미미한 차이를 보여 수원지역 평균과 유사하게 나타났다.

주간의 평균풍속은 2.7m/s, 야간의 평균풍속은 1.7m/s로 나타났으며, 수원기상대 하절기(6월~8월) 주야간 평균값과는 각각 0.4m/s, 0.3m/s의 차이를 보여 풍속 역시 수원지역 하절기 평균풍속과 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

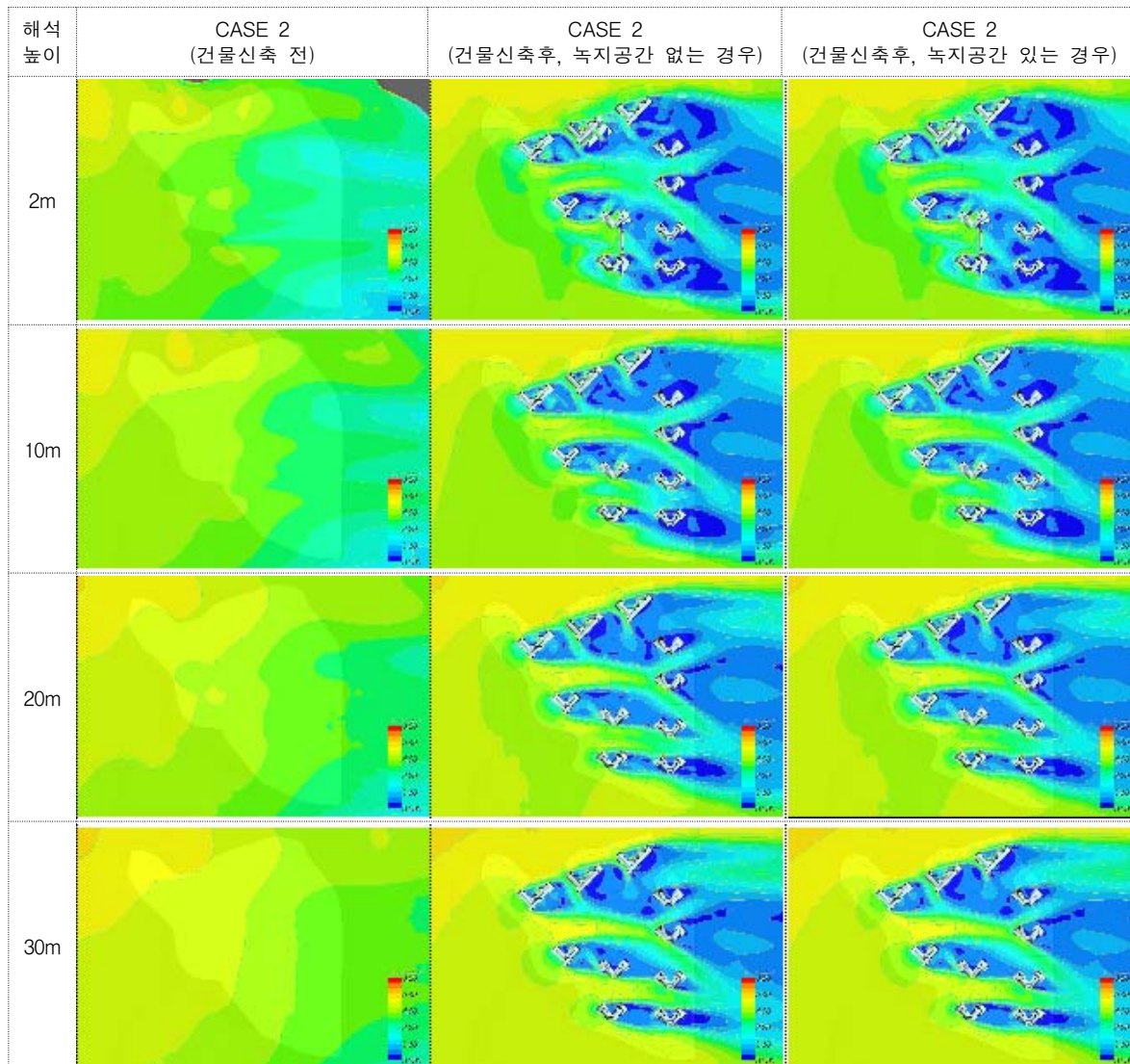


Fig. 7. Result of an estimate on the velocity of the wind (standard at midday).

Table 2. Estimate on the change of weather

구 분		온도 (°C)	습도 (g/kg')	풍속 (m/s)	
CASE 2	건축물	주간평균	24.9	13.3	2.7
	신축이전	야간평균	22.4	13.9	1.7
		일 평균	23.6	13.6	2.2
CASE 3	건축물	주간평균	27.6	15.8	2.2
	신축이전 (녹지無)	야간평균	24.6	15.9	1.3
		일 평균	26.1	15.9	1.7
CASE 4	건축물	주간평균	25.7	14.0	2.2
	신축이후 (녹지有)	야간평균	22.8	14.3	1.3
		일 평균	24.3	14.1	1.7

위에서 나타난 바와 같이 신축전의 해석결과와 수원지역의 온도, 풍속, 습도 기상데이터와는 거의 동일한 값으로 나타나 본 계산에 사용된 초기조건 및 경계조건의 타당성이 확인된 것으로 생각된다.

건물 신축이후(녹지가 없는 경우)(CASE 3)의 일평균 온도 분석결과, 주간(06:00~20:00) 평균온도 27.6°C, 야간(20:00~익일 06:00) 평균온도 24.6°C, 일평균 26.1°C로, CASE 2에 비하여 각각 주간 2.8°C, 야간 2.2°C, 일간 2.5°C 높게 나타났다. 이는 콘크리트 구조체의 일사 축열후 야간 방사에 의한 온도상승이 주요 원인인 것으로 사료된다.

절대습도는 주간 15.8g/kg', 야간 15.9g/kg', 일 평균 15.9g/kg'로 주야간 구분이 거의 없고 CASE 2에 비해 주간 2.5g/kg', 야간 2.0g/kg', 일간 2.5g/kg' 높게 나타나 인체 온열감의 불쾌적 요인이 증가하는 것으로 나타났다.

주간의 평균풍속 2.2m/s, 야간의 평균풍속 1.3m/s로, CASE 2에 비하여 주야간 평균값과 각각 0.6m/s, 0.3m/s정도 낮게 나타났다.

건물 신축 이후(녹지가 있는 경우, CASE 4)의 온도는 주간(06:00~20:00) 평균온도 25.7°C, 야간(20:00시~익일06:00시) 평균온도 22.8°C, 일평균 24.3°C로 CASE 3에 비해 주간 1.9°C, 야간 1.8°C, 일간 1.8°C 낮고, CASE 2에 비해 주간 0.5°C, 야간 0.4°C, 일간 0.1°C 정도 높게 나타나 녹지공간에 의한 온도저감효과가 큰 것으로 나타났다.

절대습도는 주간 14.0g/kg', 야간 14.3g/kg', 일 평균 14.1g/kg'로, CASE 3에 비하여 주간 1.8g/kg', 야간 1.7g/kg', 일간 1.7g/kg' 낮게 나타

나 인체온열감의 불쾌적 요인이 개선된 것으로 판단되었다. 풍속은 녹지가 없는 경우와 동일하였다.

3-3. 외부 열환경 평가

외부 열환경 평가를 하기 위하여 10개의 분석 점별, 시간별에 대한 온도비교를 실시한 결과 CASE 3은 CASE 2에 비해 주야간 평균온도 차이는 주간 2.8°C, 야간 2.2°C이었고 최대로 주간은 3.1°C, 야간은 2.5°C 높게 발생하여 열섬강도가 높은 것으로 나타났으며, CASE 4는 CASE 3에 비하여 주야간 평균온도 차이는 주간 1.9°C, 야간 1.8°C이고 최대로 주간 2.1°C, 야간 1.8°C 낮고, CASE 2에 비해 평균온도 차이는 주간 0.9°C, 야간 0.4°C이고, 최대온도 차이는 주간 1.3°C, 야간 0.7°C로 약간 높게 나타나 단지 내 녹지공간의 증발냉각효과가 열섬강도를 낮추는 것으로 나타났다.

분석점에서 해석조건별, 시간별 습도비교를 실시한 결과 CASE 3은 CASE 2에 비하여 주야간 평균습도 차이는 주간 2.5g/kg', 야간 2.0g/kg'이고 최대습도 차이는 주간 2.8g/kg', 야간 2.3g/kg' 높게 발생하여 인체온열감 불쾌적 지수를 높이는 것으로 나타났다.

CASE 4는 CASE 3에 비해 주야간 평균습도 차이가 주간 1.8g/kg', 야간 1.7g/kg'이었고 최대 습도 차이는 주야간 모두 1.6g/kg' 낮았다. CASE 4는 CASE 2 대비 주야간 평균습도 차이는 주간 0.7g/kg' 야간 0.4g/kg'이었고 최대습도 차이는 주간 1.0g/kg' 야간 0.5g/kg'로 약간 높게 나타나 단지 내 녹지공간의 증발냉각효과가 인체온열감의 불쾌적 지수를 개선하는 것으로 나타났다.

풍속비교 결과 CASE 3은 CASE 2에 비해 주야간 평균풍속 차이는 주간 0.6m/s 야간 0.3m/s이고 최대풍속 차이는 주간 0.8m/s 야간 0.4m/s로 풍속변화는 미미하여 열섬현상에 큰 영향이 없는 것으로 나타났으며 CASE 3과 CASE 4는 풍속이 동일하였다.

평가대상지의 건축물 신축 전후와 녹지공간의 유무에 따른 외부 열환경 변화를 검토한 결과 건축물 신축 후 기존 나대지(자연) 상태에

비하여 외부 열환경 변화가 예측되었다. 그러나 건축물 배치와 녹지 배치를 함께 고려한 결과, 외부 열환경 변화가 크게 없는 것으로 분석되었다.

Fig. 6과 Fig. 7은 해석조건별로 온도 및 바람의 변화예측에 대한 시뮬레이션을 실시한 것이다. 해석은 높이를 고려하여 CASE별 해석높이를 고려하여 분석하였다.

4. 결 론

본 연구에서 도시지역의 건축물 신축 및 녹지배치에 따른 외부 열환경 변화 분석을 통해 도심내 열섬 저감 방안을 도출하고자 하였다. 이를 위하여 연구대상지인 경기도 서남부지역의 공동주택을 사례로 4가지의 해석조건에 따른 기상 및 열환경 변화를 분석하였다.

평가대상지의 건물 신축 전후와 녹지공간의 유무를 대상으로 열섬 현상 영향에 대하여 검토한 결과, 건물 신축 후 녹지가 없는 상태에서는 열환경 변화가 예측되었으나 단지 내 녹

지계획 시에는 열섬 현상이 신축전 현황과 유사한 것으로 나타나 도심내 녹지의 배치가 열섬에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 단일 건축배치를 대상으로 한 결과이다. 향후 건축물의 배치와 녹지의 배치를 다양한 조건으로 설정하여 연구가 진행된다면, 건축물 및 도시화에 따른 외부 열환경을 최소화 할 수 있을 것이다. 또한 녹지면적 뿐만 아니라 녹지의 양적 인자도 함께 고려되어야 할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 최영식 : 건축환경, pp.559-587,보성각, (2009)
- 2) 한국환경과학회 : 그린조경학, (2009)
- 3) 서응철 : 도시열섬 완화를 위한 제도 개선, 한국생태환경건축학회 논문집, (2007)

(접수:2009.10.14, 수정:2010.02.10, 게재 확정:2010.05.20)