

풍향에 따른 건물군에서의 열환경 변화

Change of thermal environment in buildings by wind direction

김 상 진*
Kim, Sang-Jin

Abstract

In recent years, the quality of the outdoor thermal environment has come to be regarded as important as that of the indoor thermal environment. Since the outdoor thermal environment is composed of many elements and is affected by many factors, it is not easy to evaluate the impact of each factor separately. Hence, a comprehensive assessment method is required. In order to evaluate the pedestrian level comfort of an outdoor climate, it is necessary to investigate not only wind velocity but also various physical elements, such as temperature, moisture, radiation, etc. Prediction of wind and thermal environment for a large scale buildings is one of the most important targets for research. Wind and thermal change in a city area is a very complicated phenomenon affected by many physical processes.

The purpose of this study is to develop a design plan for wind environment at a large Buildings. In this study, we analyze outdoor wind environment and thermal environment on buildings using the CFD (Computational Fluid Dynamics) method. The arrangement of building models is an apartment in Jeonju. These prediction of wind and thermal environment for a large scale buildings is necessary in a plan before a building is built.

키워드 : 열환경, 풍향변화, 대규모 아파트 단지

Key Words : thermal environment, change of wind direction, large apartments

1. 서 론

지금까지 도시의 성장은 도시의 기반 시설의 공급과 배치에 중점을 두면서 발전하여 왔다. 이로 인하여 주민 생활의 질적 향상보다는 양적팽창 위주로 도시계획이 이루어져 왔다. 이러한 도시발전이 따라 도심구조가 점차 복잡해지고 다기능화 됨에 따라, 그 본질의 순기능보다 역기능을 유발시키는 등 그 한계를 나타내며 도시환경에 부정적인 영향을 나타내게 되었다.

현재 각국의 대도시에서 나타나고 있는 열섬(Heat Island)현상은 도시화 과정에서 나타난 대표적인 환경문제의 하나로, 이 문제를 해결하기 위하여 선진 각국은 국가차원에서 노력을 기울이고 있다. 국내에서도 쾌적한 도시환경 창출을 위해 다양한 분야에서 노력하고 있다. 특히 김상진(2002, 2003)은 이를 도시기후의 관점에서 표현하고 있다.

일반적으로 열섬현상의 주요 원인은 크게, 인간이 창출해내는 각종 에너지배출에 의한 것과 지표면 피복의 인위적인 변화에 의한 것으로 대별된다. 열섬현상에 대한

대책으로는 냉기의 원천이 되는 녹지와 하천 등의 확보, 이러한 냉기를 도심에 유입할 수 있는 바람길의 확보, 도심 피복구조의 변화를 들 수 있다. 이들 각각은 하나하나로 그 대책을 나눌 수 있는 성질의 것이 아니라 각각을 잘 어우러지게 조화시키는 것이 중요하다. 조희철(2004)은 통풍문제, 이호(2009)는 도심의 열환경, 김상진(2011)은 풍환경, 이수미(2010)는 풍환경 설계수법, 손경수(2009)는 배치에 따른 유형에 관한 연구를 행하였다.

전주시는 최근 가장 뜨거운 도시로 지적되고 있다. 이는 2005년부터 시작된 전주의 서부 신시가지에 대한 대대적인 개발과 더불어 각처에 대형 건물군이 건설되면서 더욱 악화되고 있는 것으로 나타났다. 이는 건축물의 건설로 인하여 지표면의 피복이 변화한 것이 주요 원인으로 판단되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 대형 건물군에서 열환경의 변화가 풍향에 따라 수 있다는 사실을 밝히는 것이 목적이다.

본 연구에 앞서 전주시에서 일어나고 있는 열섬의 영향을 살펴보았다. 그림 1에 2000년과 2009년의 전주시 전체에 해당하는 열화상을 나타낸다. 두 열영상의 시점은 거의 비슷한 시기이다. 그날의 전체 온도가 약간의 차이를 보이는 관계로 정확한 비교는 어렵다고 할 수 있으나, 그림에서 보는 바와 같이 2000년에 비하여 2009년의 경

* 주저자, 전주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
(kimsj@jj.ac.kr)

우 우측의 동그라미 안에 표시된 개발이 활발히 진행된 구역의 온도가 상당히 많이 상승한 것을 알 수 있다. 이러한 온도 차이는 대규모 도시개발로 인한 지표면 피복의 변화와 인구의 집중으로 발생된 것으로 판단된다.

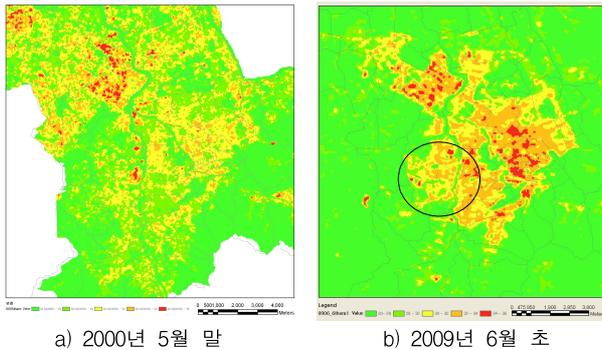


그림 1. 열화상의 비교(전주시 제공)

본 연구에서는 이러한 고온 영역이 발생하게 된 원인으로 신시가지의 대규모 건축물 및 건물군을 지목하였다. 즉, 본 연구에서는 전주시를 대상으로 이러한 대형 건물군의 건설로 인한 도심내의 열섬효과를 줄이는 방법 중 열환경의 변화에 착안한 것이다. 여기서는 풍환경과 연결시킨 건물군의 열환경을 검토하여 건물의 배치가 열환경에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 본 연구에서는 기상청의 데이터를 참고로 건물군에서의 열환경을 CFD를 통하여 해석하기로 한다.

2. 연구개요

2.1 해석대상

그림 2에 전주시의 재개발 대상지역인 한 아파트 단지의 조감도를 나타낸다.



그림 2. 아파트 단지 조감도

본 아파트 단지는 33개의 동으로 구성된 대규모의 단지이다. 이전의 단독주택지 및 복합 건물이었던 주변의 건물들을 철거하고 새로이 건설을 시작하였다.

본 아파트 단지의 해석은 최근 많은 주목을 받고 있는 전산유체역학 (CFD, Computational Fluid Dynamics) 방법⁴⁾을 이용하였다. 프로그램은 STAR CD CCM+ 4.02를 사용하였다. 난류모델은 표준 k-ε 모델을 이용하였으며, 알고리즘(algorithm)은 SIMPLE법을 사용하였다. 차분법은 풍상차분(upwind scheme)으로 계산하였다. 건물의 벽면 등은 Generalized Logarithmic Law를 이용하였고, 계산 영역의 측면 경계조건은 Symmetry Plane으로, 상공면은 Free Slip으로 처리하였다. 출구조건은 압력조건으로 이루어져 있다.

2.2 해석조건

기상데이터는 최근의 전주기상대 데이터를 이용하였다. 평균데이터를 이용할 수도 있지만 가장 기상이 악화된 기간의 데이터를 참고하였다(2008년8월19일의 데이터를 선택, 표 1, 그림 3 참조). 이 날은 일기온이 25℃를 넘는 열대야를 이루는 날이었다.

표 1. 기상대의 최근 데이터

시간	기온(℃)	바람		상대습도(%)
		풍향	풍속(m/s)	
1	26.9	SE	1.3	79
2	26.3	SSE	1.1	82
3	26.8	SE	2.4	80
4	26.4	SE	2	80
5	26.3	SE	2.7	79
6	25.4	SSE	1.1	83
7	27.2	SE	2.4	73
8	28.4	SE	3.1	68
9	29.4	SE	2.8	64
10	30.6	SSE	3.8	58
11	31.8	SW	3.9	54
12	32.5	SSW	5.2	48
13	33.8	SSW	3.9	44
14	33.7	S	4.2	45
15	34	SSW	4	42
16	33.7	S	4.3	43
17	33	S	4.1	47
18	32.1	S	3.8	46
19	31.2	S	3.7	48
20	30	SSW	3.3	53
21	29.2	S	2.6	58
22	28.4	S	2.8	63
23	27.9	S	3.6	63
24	27.6	S	2.2	65

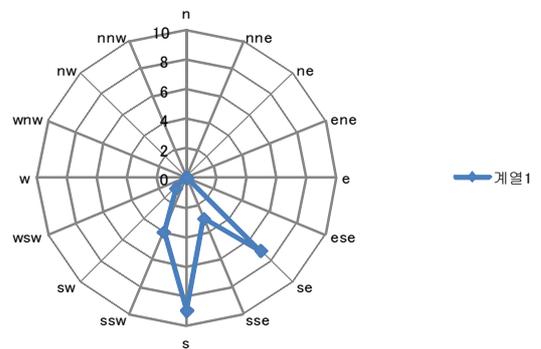


그림 3. 풍향과 출현빈도

표 2에 표면온도 계산을 위한 조건을 나타내었다. 본 연구에서는 이전의 다른 연구와는 달리 열환경을 파악하기 위하여 온도계산을 행하였다. 표 2는 이러한 온도계산의 경계조건이 된다.

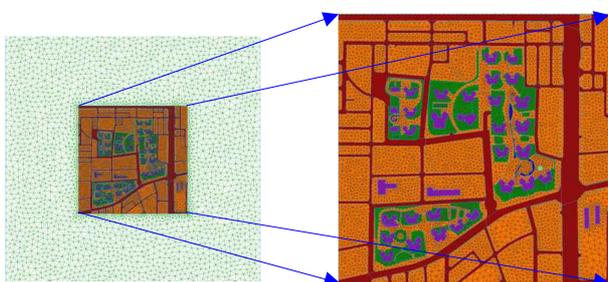
표 2. 표면온도의 복사계산을 위한 조건

	장파장 복사율	알베도
아스팔트 도로	0.95	0.1
건물-콘크리트	0.9	0.2
건물주변 지면(녹화 포장)	0.9	0.2
콘크리트 지면	0.9	0.1
보수성 포장	0.9	0.1
물	0.9	0.1
보행자 도로(콘크리트)	0.9	0.1
놀이터(모래)	0.9	0.1
상세 조건		
건물	알베도	0.2
	투과율	0
	두께[m]	0.2
	열전도율 [W/m·k]	1.64
	대류열전달율 [W/m²·k]	4.64
	실온	26 [°C]
	장파장복사율	0.9
지면	알베도	0.1
	장파복사율	0.95
	지중	0.5 [m]이하 26 [°C]로 고정

계산 조건을 정리하면 다음의 표 3과 같다.

표 3. 계산 조건

알고리즘	SIMPLE 법
난류 모델	표준 k-e 모델
차분법	일차 풍상차분
천공면, 측면	Free Slip
벽면	Generalized logarithmic law
유입조건 2008년 8월 19일 15시	$U = U_0 \cdot (Z / Z_0)^{1/5}$
	풍속 4m/s
	풍속측정높이 (Z ₀) 18.4 m
	풍향 SSW
	기온 34 [°C]



a) 해석 전체 영역 b) 타겟 영역
그림 4. 해석영역 및 mesh 분할

그림 4에 해석 공간의 격자 배열을 나타낸다. 해석공간 내에 약 68만개의 mesh를 설치하였으며, 지표면을 녹지, 포장도로, 건물, 물(수변지역), 모래(나대지)로 설정하여 계산하였다.

3. 계산결과

본 연구에서는 4 방위의 풍향에 대한 해석 결과를 나타낸다. 표 4에 각각의 풍향에 대한 계산값들을 표로 정리하였다. 표 1과 동 시간대의 온도를 비교하면 후술하는 각 case의 공기의 온도는 대부분의 지역에서 33°C±0.1°C에 속하는 것으로 나타났다. 그러므로 본 계산들은 어느 정도 신뢰할 수 있는 결과라고 판단할 수 있다.

표 4. 해석 영역내 풍속 및 기온(높이 1.5m)

풍향	풍속(m/s)			온도(°C)		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
NE	0.001	5.08	1.98	30.92	38.63	33.05
SE	0.007	5.08	1.91	29.81	38.15	33.06
SW	0.01	4.99	1.88	29.41	37.88	33.09
NW	0.003	4.99	1.95	31.07	37.99	33.11

3.1 지표면온도 (8월 19일 14시 32.4°C)

그림 5는 8월 19일 14시의 지표면 온도를 나타낸다.

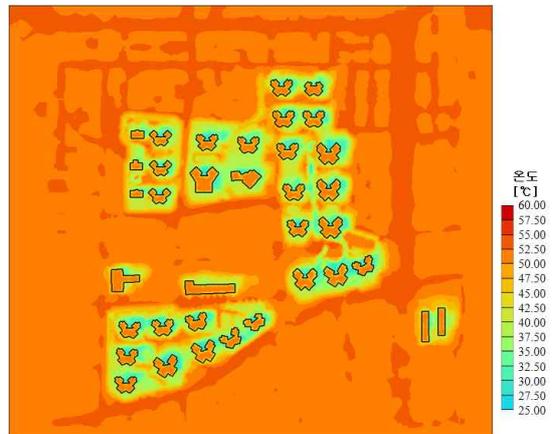


그림 5. 지표면온도

아스팔트 지역인 도로 부분이 가장 높은 온도를, 그 다음으로 콘크리트면이 높은 온도를 나타내고 있다. 이것은 태양의 고도가 아직 높은 시간(오후 3시)이며, 콘크리트의 축열로 인한 열방출보다 아스팔트의 열방출이 많기 때문인 것으로 판단된다. 또한 수변지역이나 녹지부는 상대적으로 저온의 표면온도를 나타내고 있다. 그러나 전반적으로 아스팔트 등의 인공피복 공간이 넓어 지표면 온도의 개선에는 큰 도움이 되지 않는 것으로 나타났다. 이 지표면온도의 결과는 계산영역에서의 온도계산에 대한 경계조건으로 사용되었다.

3.2 풍향에 따른 영향

(1) 북동풍(↙)의 경우

그림 6과 그림 7에 북동풍일 경우 지상 1.5m에서의 풍속벡터와 스칼라 풍속분포를 나타낸다.

일반적인 결과와는 달리 북동풍임에도 불구하고 건물의 배열로 인하여 아파트 단지내부의 풍향이 대부분 동풍(←)으로 바뀌어져 있다는 것을 알 수 있다. 건축물 사이의 내부 풍속도 1.4m/s이하로 상당히 떨어져 있음을 알 수 있다. 대부분의 대단위 아파트 단지의 경우 단지 내부에서는 풍속이 상당히 떨어지는 결과를 낳고 있음과 일치한다고 판단된다. 특히 우측 하단의 독립된 건물 2개동의 배치로 인하여 오히려 아파트 단지내부로 4.3m/s 이상의 강한 바람길이 유도되고 있음은 특이 사항이다. 만일 우측 하단의 건물 2개동이 없었다면 아파트 단지 하단부분(남쪽 1.5m/s 이하)도 같이 저풍속 영역에 속하였을 것으로 판단된다.



그림 6. 풍속 벡터(북동풍, 1.5m높이)

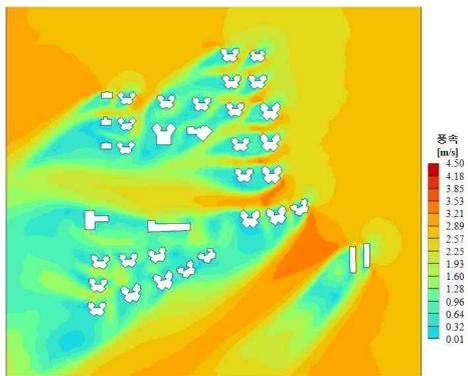


그림 7. 풍속 스칼라(북동풍, 1.5m높이)

그림 8에 북동풍일 경우 지표면 1.5m에서의 기온분포를 나타낸다. 이 경우는 저풍속 구역에서 최대 35.6℃의 고온을 나타내고 있음을 알 수 있다. 즉, 고 풍속영역에서는 지표면의 뜨거운 열기가 대류의 영향으로 다른 곳으로 이동되어(32.9℃ 정도) 저풍속영역(38℃ 정도)에 비하여 시원하게 느껴진다는 결과를 반영해 준다. 반면 저풍속 영역은 지표면의 열기가 대류의 영향이 적은 관계로 지표 부근에 그대로 잔존하고 있다고 추정된다.

다만, 그림 7에서 보여준 좌측 하단부의 저풍속(1.5m/s 이하)영역은 그림 8에서 저온(34℃ 정도)으로 남아 있는 것으로 나타났다. 이것은 상대적으로 수평풍속이 저하함에도 불구하고 수직풍이 발달하여 지표면의 온도를 저하시킨 것과 그림 6의 풍속벡터에서 볼 수 있듯이 주변의 고풍속 영역의 탓으로 생각된다.

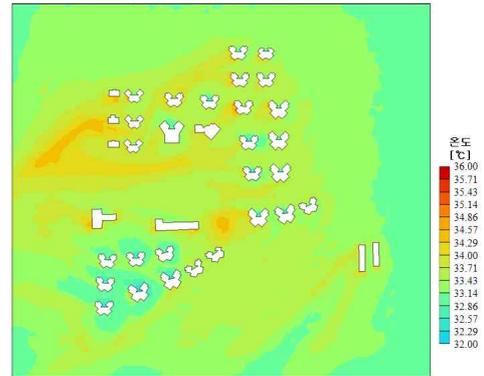


그림 8. 기온 분포(북동풍, 1.5m높이)

(2) 남동풍(↘)의 경우

그림 9와 10에 각각 동남풍의 경우 지상 1.5m에서의 풍속벡터와 스칼라 풍속분포를 나타낸다.



그림 9. 풍속 벡터(남동풍, 1.5m높이)

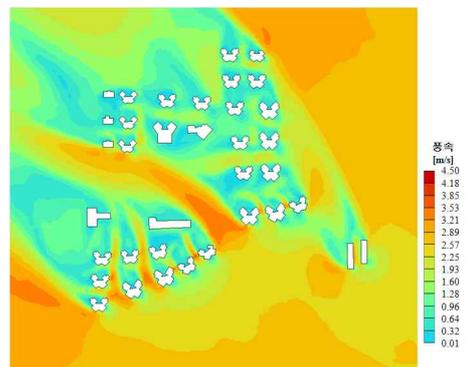


그림 10. 풍속 스칼라(남동풍, 1.5m높이)

대규모 단지이므로 전반적으로 단지내의 풍속은 저풍속(1.9m/s 이내)으로 나타났다. 이 경우도 앞선 북동풍의

경우와 마찬가지로 주풍향과 관계없이 단지내부에서는 다른 방향으로의 풍향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 역시 건물의 배치와 모양에 따라 바람의 방향이 바뀌어 바람길이 이루어짐을 알 수 있다. 다만 전체적인 풍속을 살펴본 결과 북동풍에 비하여 평균 0.07m/s정도 하강한 것으로 나타내고 있다. 이것은 V자 형의 건물 형태가 작용한 것으로 추정된다.

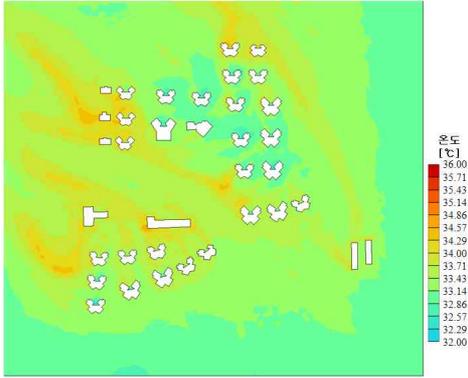


그림 11. 기온 분포(남동풍, 1.5m높이)

그림 11에 같은 경우의 기온분포를 나타낸다. 기온분포는 앞서 나타낸 북동풍의 경우와 마찬가지로 풍속분포와 상당히 관련성을 가진다. 즉 저풍속 구간(1.6m/s이내)에서 대부분 고온(35°C 이상)을 나타내고 있다. 다만, 우측상당 부분의 아파트 군에서는 저풍속이면서도 저온을 나타내는 것을 볼 수 있다. 이것도 역시 수평 풍속은 약하지만 수직 풍속이 상당히 발달된 부분이라는 점이 크게 작용한 결과라고 판단된다.

그러나, 앞서 나타낸 북동풍의 경우와 마찬가지로 대단위 단지인 관계로 대부분의 영역에서 저풍속(1.5m/s 이하)이며, 고기온을 가지는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 인동 간격과 상당히 밀접한 관련을 가지고 있을 것으로 추정되며, 아울러 건물의 모양과도 상당히 관련이 있을 것으로 추정된다. 이에 대해서는 향후 더 많은 관찰을 통하여 논의하고 싶다.

(3) 남서풍(↙)의 경우



그림 12. 풍속 벡터(남서풍, 1.5m높이)

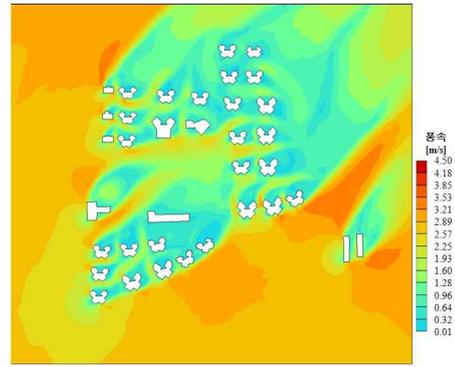


그림 13. 풍속 스칼라(남서풍, 1.5m높이)

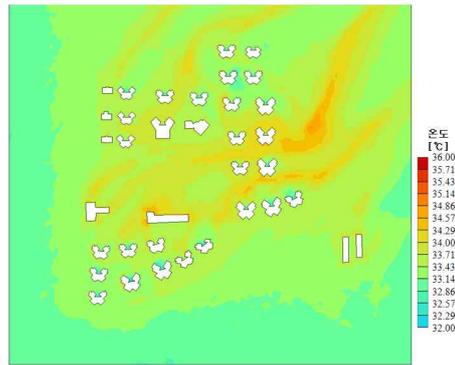


그림 14. 기온 분포(남서풍, 1.5m높이)

그림 12에 남서풍일 때의 지표면 1.5m에서의 풍속벡터를 나타낸다. 그림 13에는 같은 경우의 풍속분포를 나타낸다. 그림 14에는 같은 경우의 기온분포를 나타낸다.

건물군이 북동쪽에 상당히 밀집해 있고, 또한 아파트 단지를 통과한 풍속이 약화되는 두 가지의 이유로 인하여 단지내부 보다도 북동쪽에 위치한 아파트 단지 외부에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 앞선 결과들과는 달리 이 경우에는 고풍속영역에서 저온(3.5m/s 이상 부분에서 33.5°C 이하), 저풍속영역에서 고온(1.5m/s 이하 부분에서 34.3°C 이상)이라는 전형적인 관계가 명확히 드러나고 있다.

(4) 북서풍(↖)의 경우

그림 15와 그림 16에 각각 높이 1.5m의 풍속벡터와 수평면 풍속분포를 나타낸다. 그림 17에는 이 경우의 기온분포를 나타낸다. 이 경우는 중심부에 위치한 좌우로 일자형태를 가지는 상가 건물로 인하여 아파트 단지내부로 외부의 풍속이 잘 유입되어 들어오는 것처럼 나타났다. 그러나 이러한 유입풍도 결국 우측 아파트 단지들에 가로막혀 상하로 분리된 아파트 단지 내부에서는 풍속이 현저히 저하되는 것을 볼 수 있다. 특히 그림 17과 비교해 보면 역시 저풍속(1.5m/s) 구간에서 고온(35°C 이상)을 나타내고 있음을 알 수 있다. 특히 전반적으로 모든 영역에서 고온지역이 됨을 나타내고 있다. 특히 V자 모양의 건물형태에서 상당히 바람이 빠져나가기 힘든 방향으로 바람이 불어오는 경우, 단지 전체의 풍환경을 악화

시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

표 4에서 보았듯이 이 경우가 가장 평균풍속이 느리면서 평균온도도 가장 높은 것으로 나타났다. 다른 표현으로 나타내면 상기의 다른 case와 비교해 볼 때 바람이 통하기 어려운 구조를 가지고 있어 열섬현상 등이 일어나기 쉬운 패턴이 된다고 할 수 있다. 이 외에도 모든 풍향에서 보았듯이 지표면의 작은 녹지는 이러한 대규모 건물군의 열환경 개선에는 거의 역할을 할 수 없는 것으로 파악된다.

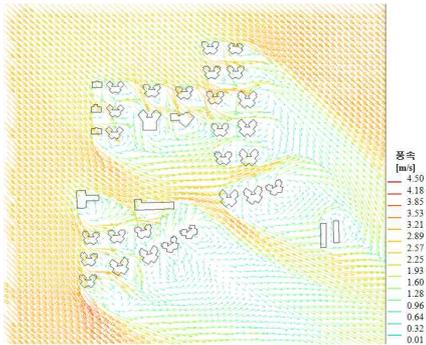


그림 15. 풍속 벡터(북서풍, 1.5m높이)

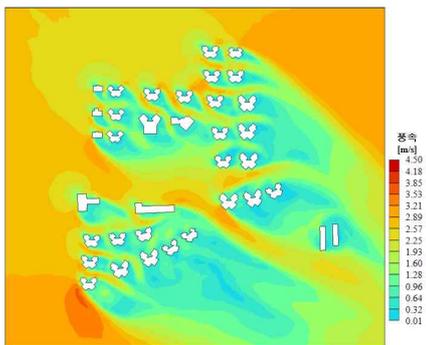


그림 16. 풍속 스칼라(북서풍, 1.5m높이)

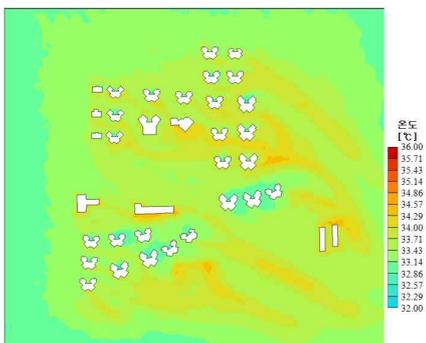


그림 17. 기온 분포(북서풍, 1.5m높이)

4. 결론

상기의 4가지 풍향의 변화가 있을 경우에 대한 대단위 아파트 단지에서의 풍환경 변화와 열환경 변화를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1) 대단위 단지의 경우는 일반적으로 어떤 풍향에 대

해서도 단지내부의 풍속이 외부에 비하여 현저히 저하될 수 있고, 이에 따라 지표면의 복사열이 확산되어 지표면 부근의 기온이 올라갈 것이다.

2) 수평방향으로 저풍속 구간일지라도 수직방향으로 활발한 대류활동이 일어난다면, 지표면의 뜨거운 열기가 바람에 확산되어 저온영역으로 변화할 수 있다. 이 부분에 대해서는 좀 더 연구가 필요하지만, 단순히 풍환경을 살펴보는 것만으로는 이러한 열환경을 추정 평가할 수 없을 것으로 판단된다.

3) 아파트 단지내부에 존재하는 작은 단위의 녹지공간은 의외로 열환경에는 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. 그러므로, 단지 내의 아스팔트 등의 도로구간도 모두 투습성 재료를 사용하는 등으로 지표면 온도를 내릴 수 있는 구간을 대량으로 만들 필요가 있을 것으로 사료된다.

4) 대단위 아파트 단지를 대상으로 각종 풍향에 대하여 열환경 평가를 한 결과 대부분의 단지 내부 온도가 상승하여 열섬을 일으킬 소지가 크다는 것을 알 수 있었다. 대도시 등에 대단위 아파트 단지를 건설하기 보다는 그 단위를 나누어 분산형으로 배치하는 것이 열섬현상을 완화시킬 소지가 큰 것이라 사료된다. 이에 대해서는 향후 보완 연구를 통하여 밝히고 싶다. 끝으로 이러한 풍환경 및 열환경 평가는 건축물이 신축되기 이전의 계획단계에서 면밀히 검토될 필요성이 있을 것으로 사료된다. 이러한 과정을 거칠 경우, 아파트 단지의 건설로 인한 열섬현상의 폐해도 줄어들 것이며, 나아가서 도시 열섬현상도 줄어들 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김상진, 서승직, 2002.10, Mellor-Yamada 모델에 의한 도시기후의 수치해석, 대한건축학회논문집, Vol. 18, No.10, 251-258
2. 김상진, 이선영, 함 회정, 2003.05, 도시발전에 따른 국지기후 변화, 대한건축학회논문집, Vol. 19, No.5, 175-181
3. 조철희, 2004, 아파트단지에서 주거동의 배치유형이 통풍계획에 미치는 영향 분석, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」 제39권 제6호
4. 이호, 오병철, 김형진, 김상진, 2009. 건축재개발에 따른 바람길과 열환경의 변화, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 계획계 제29권 제1호(통권 제53집)
5. 김상진, 2011.11, 용적률이 일정할 경우 건물 주위의 풍환경, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회, 175-178.
6. 이수미, 송두삼, 2010, CFD를 활용한 주거 단지 설계 시 풍환경 예측 및 평가방법에 대한 고찰, 대한건축학회 제6회 우수졸업논문 수상논문 개요집 제6권 제1호(통권6호)
7. 손경수, 정우호, 2009, 바람환경을 고려한 공동주택의 배치유형에 관한 연구, Journal of Korean Housing Association

투고(접수)일자: 2012년 3월 26일

수정일자: (1차) 2012년 4월 23일

(2차) 2012년 6월 20일

게재확정일자: 2012년 6월 22일