Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment
Vol. 13 No. 6 Dec. 2013, pp.93-98, pISSN 1598-3730, eISSN 2288-4823
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2013.13.6.093

판상형 아파트의 창문개폐율에 따른 열쾌적도 분석

Study on Thermal Comfort in according to Rate of Opening Windows of Flat-type Apartment

김 성 길*
Kim, Sung Gil

Abstract

The purpose of this study is to analyze the rate of opening windows that makes residents of a flat-type apartment feel pleasant in summer time. A few conditions were simulated on the wind flow that pass through internal and external spaces of the flat-type apartment, utilizing CFX program. The simulation was made with the criteria for the rates of opening window at 20%, 50%, 70% and 100%. When the rate of window opening was more 50%, the wind speed(more than 1m/s) that makes the residents feel pleasant was observed in more 60% of the internal space. When the all windows of the apartments were opened, the heat island phenomenon was almost disappeared and the pleasant wind flow was more evenly distributed in the external spaces. If residents of apartments recognize the result of this study and practice in agrement on opening windows in summer, it is expected to contribute to minimizing the energy consumption for air conditioning.

키워드 : 판상형 아파트, 열쾌적, 기류, 창문개폐율, CFX 프로그램
Keywords : flat-type apartment, thermal comfort, CFX program, wind flow, rate of opening window

1. 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 일반적인 주거양식으로 되어있는 아파트의 유형 중에서 구조가 단순하고 선호되는 남향배치의 건축이 용이한 판상형 아파트가 많은 수를 차지한다. 탑상형 아파트에 비해서 판상형 아파트의 일률적인 외관뿐만 아니라 단지내 바람흐름에 대한 관점에서 상대적으로 좋지 않다는 연구들이 주를 이루고 있다. 이러한 연구들은 판상형 아파트 내 모든 가구들의 창문이 닫혀 있다는 전제하에서 수행된 연구의 결과들이다.

실제로 아파트에 거주하는 대다수의 가구들이 여름철 생활을 원활히 하기 위해 창문을 닫고 냉방기기를 이용하는 생활모습을 흔히 볼 수 있다. 자연바람을 느끼고 싶어도 이웃가구들이 설치한 에어컨디션 실외기에서 뿜어져 나오는 열기가 그대로 창문으로 들어오기 때문에 부득불 창문을 닫고 냉방기기를 이용하는 가구들을 접하는 것도 드문 일이 아니다. 이러한 관성적인 생활습관들은 개인가구에서의 전력소비뿐만 아니라 국가적인 측면에서도 전력사용의 과부하는 문제시되고 있는 실정이다. 아주 무더운 날씨를 제외하고는 창문을 통한 자연바람의 흐름으로 실내부의 쾌적성을 누리고자 하는 인식의 변화가 필요하다. 이를 위해서는 창문의 개폐여부에 따라 바람의 흐름과 관련된 쾌적성이 어느 정도 나타나는지에 대한 인지가 선행되어야 할 것으로 본다.

따라서 본 연구의 목적은 단지 내 판상형 아파트의 창문개폐율에 따른 바람의 흐름을 시뮬레이션(simulation)하여 여름철 거주자들이 쾌적하게 느끼는 창문의 개폐정도를 분석하는 것이다. 본 연구의 결과는 여름철 아파트 단지내 자연바람에 대한 인식 제고와 냉방에너지소비를 감소시키는데 기여할 것으로 기대된다.

1.2. 연구범위 및 방법

연구의 시간적 범위로 더운 여름기간인 6월에서 8월까지의 3개월 동안의 기간의 날씨를 조사하여 활용하였다. 바람흐름의 분석을 위한 대상 아파트 배치유형은 판상형 아파트로서 경기도 안양시 평촌동에 건설된 대원아파트 6동이 표본으로 선정되었다. 먼저, 아파트 내 하나의 가구를 샘플(sample)로 선정하여 시뮬레이션(simulation)하고 다음 단계로 아파트 여섯 동 전체를 대상으로 시뮬레이션을 실시하였다.

판상형 아파트의 한 가구 내부공간에 대한 공기흐름을 시뮬레이션하기 위해서 아파트 내부의 모습을 도면화하여 3D로 입체화하였다. 창문의 개폐율을 20%, 50%, 70%, 100%로 선정하여 가구 내 들어가는 바람값을 입력하고 시뮬레

* Dept. of Civil & Environment Engineering, Urban Future Institute of Convergence Technology, Kongju National Univ. South Korea (sgkim@kongju.ac.kr)

ⓒ Copyright The Korea Institute of Ecological Architecture And Environment

이션(simulation)하였다. 시뮬레이션 분석도구로서 ANSYS CFX 시뮬레이션 프로그램[1)]을 사용하여 입력값을 넣어주고 100회에 걸친 시뮬레이션을 수행하였다. CFX 프로그램에서 3D 모델링 후 모델링 메쉬(modeling mesh)구성을 하였다. 메쉬를 구성하고 나서 시뮬레이션 결과값을 확인하는 과정을 거쳤다. 바람의 입력값은 경기지역 웨더아이(www.weatheri.co.kr)의 기상자료와 경기지역 기상청 자료에 따라 대상지에 6~8월 동안의 풍속을 평균하여 입력하였다.

2. 이론고찰

2.1. 선행연구 고찰

바람흐름에 관련된 연구들은 국내에서 많이 진행되어 왔다. "아파트 단지의 통풍계획에 관한 연구"(조철희, 2004)에서는 주동의 배치유형에 따른 통풍특성에 대해 해석하였고, 건폐율별 통풍특성에 대해서도 연구했다. "주택단지 설계 시 바람길 예측에 관한 CFD 활용 기법 연구"(김동호 외 3인, 2009)에서는 CFD프로그램을 활용한 주동의 바람길을 예측하였다.

"BIPV창호의 표면온도 특성에 따른 실내온열환경 쾌적성능 평가연구"(심세라, 2011)에서는 사람이 쾌적하게 느끼는 열쾌적지표를 대입하여 BIPV 창호의 효율성을 분석하였다. "공동주택 내 쾌적환기 운전 조건에 따른 환기특성 분석"(정창헌 외 5인, 2010)에서는 공동주택 내 창호의 용적과 설계된 구조를 여러 유형으로 나누어 비교하고 적정수준의 창호와 건축물의 구조를 도출하여 최대 환기량에 대한 결과를 예측하였다.

선행연구들을 고찰하여 볼 때, 아파트단지 전체에 대한 분석에서는 판상형과 탑상형 아파트단지 내에서의 바람흐름의 비교가 많았다. 특히 아파트단지 내 모든 창문이 닫혀 있다는 전제하에서 수행된 연구가 대부분이었다. 아파트 창호와 주거내부의 공기흐름에 대한 논문들은 일반적 PC(Personal Computer)의 수행능력과 관련하여 내부의 세밀한 유체흐름에 대한 분석은 드문 편이다. 본 연구는 선행연구들을 바탕으로 창호의 개폐율에 따른 아파트 단지 전체의 공기흐름과 더불어 주거공간 내부의 공기흐름과 쾌적성을 분석하였다.

2.2. 이론적 고찰

1) 열섬(Heat Island)현상

인구와 건물이 밀집되어 있는 주거지는 일반적으로 다른 지역보다 온도가 높게 나타나는데, 이처럼 주변의 온도보다 높은 특별한 기온현상을 나타내는 영역을 열섬이라 한다. 열섬현상을 일으키는 요인들은 각종 오염원과 복사열이 강한 아스팔트와 콘크리트 등의 인공시설물, 냉난방기의 배출열 등 다양하다. 열섬현상이 발생하는 영역에는 공기의 흐름에 문제가 발생하여 공기정체로 인한 대기오염이나 냉·난방 에너지 소비증가를 가져온다. 이와 같이 열섬현상을 일으키는 원인과 열섬은 상호작용을 일으키는 것으로 보인다. 공기정체가 있으면 다른 어느 특정지점에 상대적으로 빠른 공기의 흐름이 나타나게 함으로써 공기흐름의 편중된 분포가 형성된다.

2) 열쾌적(Thermal Comfort)

열쾌적은 통계자료를 통해 쾌적한 열환경을 제공할 수 있는 조건이다. 크게 객관적 지표와 주관적 지표로 나뉘어지며 총 6가지 지표로 나타낸다. 객관적 지표로는 건구온도(DBT : Dry Bulb Temperature), 평균복사온도(MRT : Mean Radiant Temperature), 습도, 기류속도이며 주관적 지표로는 착의량과 활동량이다.

건구온도는 열쾌적감에 영향을 미치는 가장 큰 요소인데, 건구온도의 쾌적범위는 16~28℃이다. 평균복사온도는 복사에 의해 인체와 열을 교환하는 주위 표면의 평균온도를 말한다. 대기 중의 습도는 극단적으로 높거나 낮지 않는 한 쾌적온도나 생리적 조절범위 내에는 거의 영향을 미치지 않으나, 증발 조절범위에는 큰 영향을 미치며 이 증발조절에는 상대습도가 가장 큰 영향을 미친다. 기류속도는 열쾌적감에 큰 영향을 미치는 요소 중의 하나인데, 실내의 공기의 흐름이 전혀 없을 경우, 공기층에 분리현상이 일어나 천장부분의 공기와 바닥부분의 공기 사이에 온도차가 크게 발생한다. 기온이 일정할 경우에는 기류만으로도 열적 효과가 발생한다. 기류는 대류에 의한 열손실을 증가시키고, 증발을 증가시켜 생리학적으로 인체를 냉각시킨다. 그 외, 주관적 지표로서 인체의 착의량은 입고 있는 의복의 단열성을 나타내며 'clo' 라는 단위로 표현한다. 인체의 활동량은 'met' 라는 단위로 표현되는데, 1met는 열적으로 쾌적한 상태에서 의자에 앉아 안정을 취하고 있을 때의 활동량이다.

위 지표 중, 본 연구에서 중점적으로 다룰 지표는 기류이며 기류속도에 따른 인체의 일반적 반응은 다음 표1과 같다.

Table 1. common reaction according to velocity of wind flow

velocity of wind flow	common human reaction
under 0.25m/s	not feel
0.25~0.50m/s	comfortable
0.50~1.00m/s	feel air flow
1.00~1.05m/s	cooling effect
1.50m/s and above	uncomfortable

data source :Shim, 2011

심세라(2011)에 의하면, 여름철 실내 기류속도는 일반적으로 1m/s에서 1.5m/s 까지 정도의 속도가 냉각효과를 나타낸다.

3. CFX 프로그램을 활용한 분석

3.1. 기본조건의 설정

1) ANSYS CFX는 CFX-4와 CFX-TASCFlow를 기반으로 발전한 CFD (computational Fluid Dynamics)해석 소프트웨어이다.

연구대상지역은 경기도 안양시 평촌동 일대이며 6~8월 3개월 동안의 평균 온도와 습도는 수원기상대의 자료를 사용하여 각각 25.5℃, 75.8%로 주어졌다. 그리고 기류의 평균속도는 6월, 7월, 8월 각각 2.1, 1.8, 2.3m/s를 나타내고 있어 2.0m/s를 기본값으로 주어졌다. 시뮬레이션 대상으로서 대원아파트중 하나의 형태가 표본으로 선정되었는데 전체용적은 675.0㎥이고 내부구조가 약간 단순화되었다. 아파트 내부의 생활가구는 시뮬레이션에 고려되지 않았다. 우선 해석의 대상에 대하여 기류 유입조건을 입력하기 위해서 가상의 육면체 공간 내부에 대상이 들어 있는 것으로 모델링 되었다. 이 모델링의 대상이 되는 평면도는 그림 1과 같다.

Fig. 1. plan of a apartment house

CFX 프로그램으로 판상형 주거단지실내를 설계 후 주거단지의 창문개폐율을 선정하기 위한 설계모습은 다음 그림 2와 같다. 일반적으로 아파트 가구 뒷면 창호는 일조, 프라이버시, 활용도 등 여러 측면에서 전면 창호들보다 용적이 적고 활용도도 낮은 편이다. 또한 전면과 뒷면의 창호개폐율의 불필요한 조합을 배제하기 위하여 아파트 가구 뒷면 창호의 개폐율은 고정시켰다.

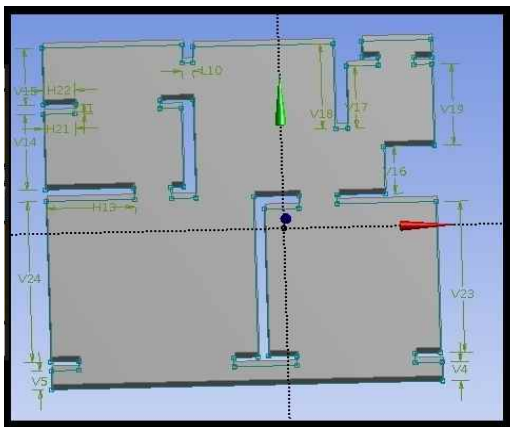

Fig. 2. indoor modelling design

아파트의 실내 모습을 설계 후 조사된 평균풍속을 입력하였다. 바람이 실내 공간으로 들어가는 INLET 조건과 바람이 바깥으로 빠져나가는 OUTLET 조건은 그림 3과 같다.

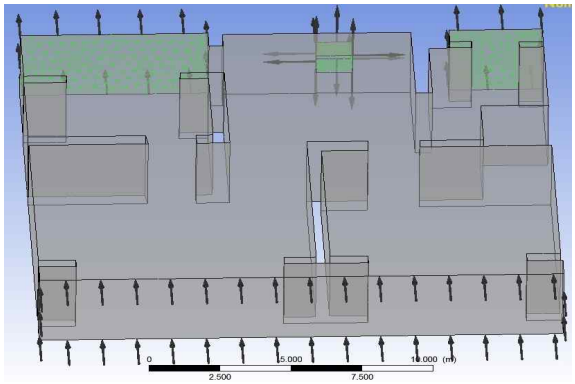

Fig. 3. inlet&outlet condition

다음으로 메쉬(Mesh)를 이용해 해석의 대상에 대하여 기류 유입조건을 입력하기 위해서 가상의 육면체 공간내부에 대상이 들어 있는 것으로 모델링하였다. 이 때 모델링의 경계가 되는 가상의 박스가 계산영역인 도메인이 되는데, 그림 4와 같이 나타났다.

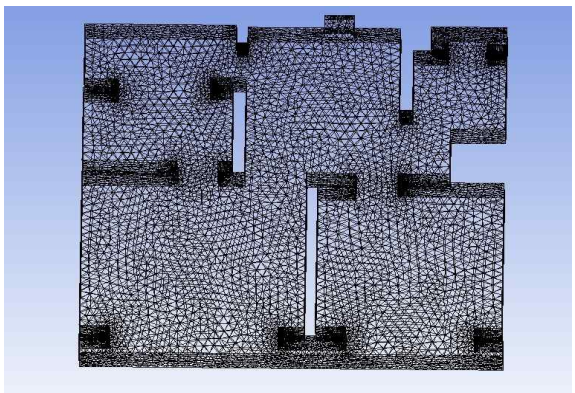

Fig. 4. domain by modelling mesh

3.2. 창문개폐율에 따른 아파트 내부 공기흐름 분석

창문개폐율에 따른 기류의 흐름을 시뮬레이션하기 위하여 창문의 개방율을 달리하여 분석하였다. 20%, 50%, 70%, 100% 순으로 분석하였으며, 분석된 기류의 모습은 벡터값으로 나타난다.

시뮬레이션 결과인 벡터값은 화살표 모양이며, 붉은색에서 푸른색으로 갈수록 바람의 속도값은 증가한다. 붉은색 화살표는 0.25m/s이하의 바람값이며 쾌적함을 느낄수 있는 1.0m/s의 바람값은 초록색으로 나타난다.

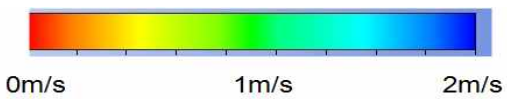

Fig. 5. Value Index of Wind flow

좌,우 모두 열리는 미닫이 형식의 창호로 구분하고 프레임은 고려하지 않았으며 전체적인 기류흐름을 파악하기 위해 실내 가구의 배치나 방문 등은 고려하지 않았다.

ⓒ Copyright The Korea Institute of Ecological Architecture And Environment

1) 창호개방율 20% 분석결과

바람이 들어가는 INLET조건 중 창호의 개방율을 20%로 유지하여 분석하였을 때 결과값은 그림 6과 같다.

분석값으로 나온 그림은 화살표 모양의 벡터값으로, 쾌적함을 느낄 수 있는 1.0m/s 이상의 바람값이 녹색과 푸른색으로 표시되었다. 그림에서 볼 수 있듯이, 바람이 실내의 한 부분을 강하게 통과하는 모습도 보이긴 하지만 쾌적한 수준의 바람값은 289.8㎥로서 전체용적 675.0㎥의 20% 미만의 값으로 나타난다. 특히 침실 중 2군데는 거의 쾌적한 바람값은 볼 수 없을 정도이며 거실과 나머지 침실 한군데 역시 바람이 지나가는 길을 제외하면 바람흐름이 거의 나타나지 않는 모습이다.

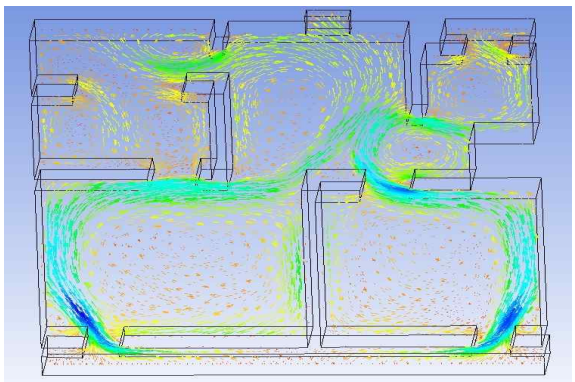

Fig. 6. wind flow according to 20% open rate of windows

2) 창호개방율 50% 분석결과

바람이 들어가는 INLET조건 중 창호의 개방율을 50%로 유지하여 분석하였을 때 결과값은 그림 7과 같다.

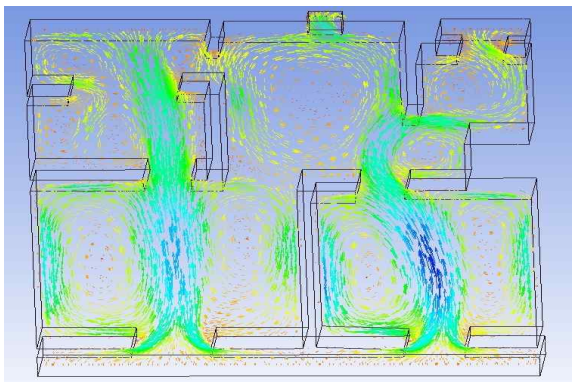

Fig. 7. wind flow according to 50% open rateof windows

전체적인 기류의 흐름은 양호하게 나타나는 모습이지만 쾌적함을 느낄 수 있는 1.0m/s이상의 바람값은 384.7㎥로서 전체 용적의 60% 미만의 값으로 나타났다.

3) 창호개방율 70% 분석결과

바람이 들어가는 INLET조건 중 창호의 개방율을 70%로 유지하여 분석하였을 때 결과값은 그림 8과 같다.

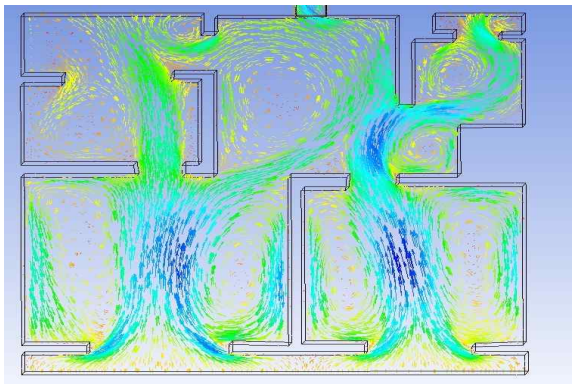

Fig. 8. wind flow according to 70% open rate of windows

전체적인 기류의 흐름이 양호하게 나타나는 모습이고 쾌적함을 느낄 수 있는 1.0m/s이상의 바람값은 409.8㎥로서 전체용적의 70%이상의 값으로 나타났다.

4) 창호개방율 100% 분석결과

바람이 들어가는 INLET조건 중 창호의 개방율을 100%로 분석하였을 때 결과값은 그림 9와 같다.

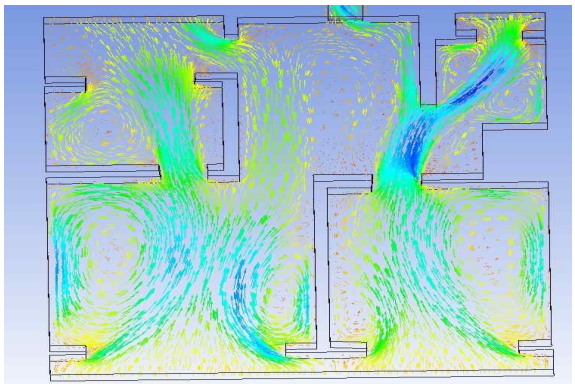

Fig. 9. wind flow according to 100% open rate of windows

전체적인 기류의 흐름은 양호하며 쾌적함을 느낄 수 있는 1.0m/s이상의 바람값은 522.9㎥로서 전체용적의 80%이상의 값으로 나타난다. 70% 개방 시 시뮬레이션 결과값과 많은 차이가 생기진 않았지만, 주방을 제외한 침실과 거실의 쾌적한 바람의 통과율은 90%이상의 결과값을 보인다.

Table 2. wind flow value according to open rate of windows

open rate of windows	floor area of wind flow of 1.0m/s and above	velocity of emissive wind
20%	289.825 ㎥	1.272 m/s
50%	384.725 ㎥	1.561 m/s
70%	409.825 ㎥	1.896 m/s
100%	522.911 ㎥	1.914 m/s

시뮬레이션 결과를 종합하여 보면, 50%이상 창호를 개방하였을 때 거주자가 체감상 느낄 수 있을 정도인 쾌적한 바람(1m/s이상)이 총 용적 60%이상을 차지하며 실내의 기류흐름이 원활한 것을 확인할 수 있다. 50% 개방율보다 높은

70%, 100% 창호 개방시, 기류의 흐름은 더욱 원활하였고, 실내 공간과 공간사이들이 환기되는 모습을 확인할 수 있다. 즉, 기온이 일정하다고 하였을 때 창호를 50%이상 개방해 놓는다면 실내 환기효과와 냉방효과를 기대할 수 있다.

3.3. 창문개폐에 따른 아파트 외부공간의 공기흐름 분석

분석대상 아파트는 전형적인 판상형 아파트 단지이고 용적은 2,500,000㎥이다. 우선 창문이 100% 닫혀있거나 100% 열려있다고 가정하고 바람의 흐름을 분석하였다. 시뮬레이션 설계 시 아파트의 높이는 54m, 장변 60m, 단변 16m로 하였다. 그리고 풍속은 2.0m/s로 조건으로 설정하였다.

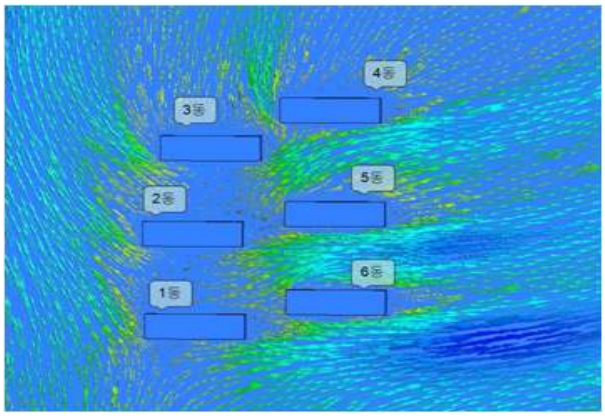

Fig. 10. wind flow of apt. complex according to 0% open rate of windows

우선, 창문을 전혀 개방하지 않았을 때, 남서풍이 불어오는 여름철 기류의 흐름중 1동과 2동, 2동과 3동 사이는 바람의 흐름이 거의 나타나지 않았다. 또한 3동과 4동 뒤편에서도 바람의 흐름이 나타나지 않았다. 이러한 영역에는 공기정체로 인한 대기오염이나 냉방에너지 소비증가를 가져온다. 이에 반해 아파트 단지 주변에는 비교적 빠른 공기의 흐름이 나타나는데 특히 6동과 앞을 스쳐 단지 외부로 빠져나가는 바람흐름이 강하게 나타났다. 이와 같이 공기정체가 있으면 다른 어느 특정지점에 상대적으로 빠른 공기의 흐름이 나타나게 함으로써 공기흐름의 편중된 분포가 형성된다.

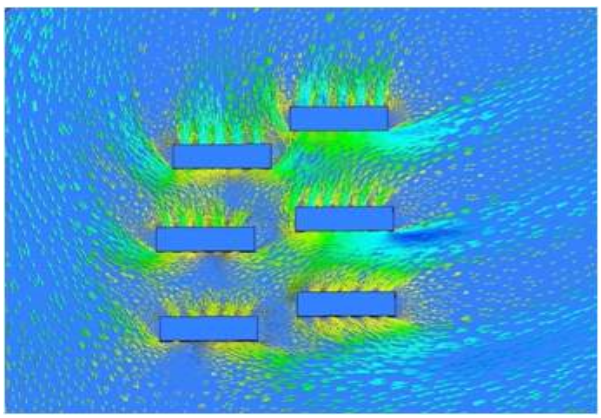

Fig. 11. wind flow of apt. complex according to 100% open rate of windows

창문을 전혀 개방하지 않았을 때 열섬현상이 나타나던 1동과 2동, 2동과 3동 사이에 창문을 100% 개방하였을 때 원활한 기류의 흐름이 나타났다. 열섬현상이 일어날 수 있는 부분이 거의 보이지 않고 아파트단지 전체적으로 양호한 공기흐름의 분포를 보였다.

Table 3. area of wind flow 1.0m/s according to open/close of windows

open/close of windows	area of wind flow 1.0m/s
close 100% windows	2,001,711 ㎥
open 100% windows	2,317,711 ㎥

아파트 주민들이 이러한 사실을 인지하고 서로 협의하여 창문을 통한 자연바람의 흐름을 적극 이용한다면, 여름철 실외공간의 쾌적성 제고 및 실내 냉방 에너지소비의 저감 효과를 기대할 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 단지 내 판상형 아파트들의 창문개폐율에 따른 바람의 흐름을 시뮬레이션(simulation)하여 여름철 거주자들이 쾌적하게 느끼는 창문의 개폐정도를 분석하는데 목적이 있다.

경기도 안양시 평촌동에 있는 판상형 아파트를 대상으로 6월에서 8월까지 아파트 내부와 외부의 바람흐름을 각각 분석하였다. 조사기간의 평균 온도와 습도는 통제하고 평균속도 2m/s를 입력하였다. 아파트내부의 공기흐름을 분석하기 위해 내부모습을 도면화하여 3D로 입체화시킨 후 창문의 개폐율을 20%, 50%, 70%, 100%로 구분하여 ANSYS CFX 프로그램으로 각각 가구 내 들어가는 바람값을 입력하고 시뮬레이션하였다.

시뮬레이션 결과, 50%이상 창호를 개방하였을 때 거주자가 체감상 느낄 수 있을 정도인 쾌적한 바람(1m/s이상)이 총 용적 60%이상을 차지하며 실내의 기류흐름이 원활한 것으로 나타났다.

전체 여섯 개 동 아파트의 창문을 전혀 개방하지 않았을 때 여러 곳에 열섬현상이 나타나는데, 이러한 영역에는 공기정체로 인한 대기오염이나 냉방에너지 소비증가를 가져온다. 또한 공기정체가 있으면 다른 어느 특정지점에 상대적으로 빠른 공기의 흐름이 나타나게 되는데, 바람이 강한 날씨에는 이로 인해 인적·재산적 피해의 문제가 야기될 수도 있다.

반면, 창문을 100%개방하였을 때 열섬현상은 사라지고 전체적으로 원활한 기류의 흐름이 나타났다. 그리고 아파트단지 전체적으로 양호한 기류흐름의 분포를 보여 바람의 세기에 대한 우려스러운 편차가 나타나지 않았다.

아파트 주민들이 이러한 사실을 인지하고 서로 협의하여 창문을 통한 자연바람의 흐름을 적극 이용한다면, 여름철 실외공간의 쾌적성 제고 및 실내 냉방에너지 소비의 저감효과를 기대할 수 있다.

본 연구는 아파트단지 내외부의 공기흐름 시뮬레이션을

ⓒ Copyright The Korea Institute of Ecological Architecture And Environment

위해 주변 여건을 단순화 시켰는데, 컴퓨터 처리능력의 개선에 따라 보다 현실적인 조건하에 분석이 앞으로 필요하다. 그리고 아파트 내부 창호의 높이에 따른 다양한 입체적인 공기흐름의 분석과 더불어 바람이 가지는 온도와 습도의 변화에 따른 쾌적성에 대한 상세한 분석이 필요하다. 또한 단기간 분석이 아닌 지속적인 관찰을 통해 창호를 개방하지 않고 냉방시설로만 여름을 지냈을 때와 그렇지 않을 때의 데이터값을 분석하여 실제 냉방에너지의 저감효과에 대한 연구가 필요하다.

References

[1] 조철희, 아파트 단지의 통풍계획에 관한 연구, 대한국토도시계획학회 40(2) 2005 / (Cho, C.H. A Study on the Planning of Wind Flow in Apartment Housing, Journal of Korea Planners Association Vol. 40, No.2, 2005)

[2] 김동호 외 3인, 주택단지 설계 시 바람길 예측에 관한 CFD 활용 기법 연구, 대한건축학회 학술발표논문 26(1) pp.665-668 2006 / (Kim, D.H. and Yook, I.S. and Song, D.S. and Kim, J.M. CFD based Prediction of Wind Road in Site Planning of Apartment Housing, J. of the Architectural Institute of Korea(Planning&Design) workshop presentation file Vol. 26, No. 1, 665-668 2006)

[3] 심세라(2012), BIPV창호의 표면온도 특성에 따른 실내온열환경 쾌적성능 평가 연구, 석사학위논문, 한밭대학교 / (Shim, S.R. Evaluation of Indoor Thermal Comfort Performance depending on the Surface Temperature Characteristic of BIPV Window, Thesis for the Degree of Master, Architectural Engineering, Hanbat National Univ. 2012)

[4] 정창헌 외 5인, 공동주택 내 쾌적환기 운전조건에 따른 환기특성 분석, 대한건축학회 26(1) pp. 331-339 2006 / (Jeong, C.H. and Kim, J.Y. and Hwang, S.H. and Park, B.-Y. and Kim, T.Y. and Leigh, S.B. (2010) Verification of Natural Comfort Ventilation Performance by Operation Mode in Korean Apartment, J. of the Architectural Institute of Korea(Planning&Design) 26(1): 331-339 2006)

[5] 박지혜(2006), 공동주택단지개발에 따른 바람길 형성 평가, 석사학위논문, 계명대학교 / (Park, J.H.(2006) Evaluation of forming a wind corridor according to the development of an apartment complex, Thesis for the Degree of Master, Environmental Sciences, Keimyung Univ.

[6] 서홍석(2007), 바람장 모델을 이용한 도심지내 건물 입지에 따른 바람길 분석 연구, 석사학위논문, 전북대학교 / (Seo, H.S.(2007) A Detailed Analysis of the Wind Current Influence of Building Districts through the Wind Current Models, Thesis for the Degree of Master, Environmental Engineering, Chonbuk National Univ.)

[7] 송봉근(2011), 도시기후 및 대기질 개선을 위한 통합적 공간환경평가 및 계획기법의 개발, 석사학위논문, 창원대학교 / (Song, B.G.(2011) Development of Integrated Spatial Environmental Assessment and Planning Methods for Improving the Urban Climate and Air quality, Thesis for the Degree of Master, Environmental Engineering, Changwon National Univ.)

Received November 8, 2013;
Final revision received December 26, 2013;
Accepted December 27, 2013