

아파트단지 환기경로 파악을 위한 주풍향별 바람장 분석

정 우 식

인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터
(2006년 11월 10일 접수; 2007년 2월 26일 채택)

An Analysis of Wind Field According to the Prevailing Wind Directions for Understanding of Ventilation Passages in an Apartment Complex

Woo-Sik Jung

Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center(AEI), Inje University, Gimhae 621-749, Korea
(Manuscript received 10 November, 2006; accepted 26 February, 2007)

A numerical study with Envi-met model is experimented to investigate the characteristics of wind pattern in apartment complex. In all case, most conditions such as wind speed, temperature, and surface features are considered as the same, but wind direction is the only different factor. The wind directions considered in this study have a meaning of prevailing wind direction. When the prevailing wind with the direction of 170° blows into the complex, the ventilation passage toward the outside of complex is formed and the stagnation of air is not expressed. In case of having the direction of 300° , most evident ventilation passages are composed. When the inflow wind direction is the northeast, 30° , there is some possibility of stagnation phenomenon. This is because the arrangement of buildings makes a right angle with the inflow wind direction.

Key Words : Apartment complex, Envi-met, Prevailing wind, Ventilation passage

1. 서 론

현재 여러 대도시지역을 비롯하여 전국에서 지속적인 개발경향의 사업들이 추진되고 있지만 최근으로 오면서 개발의 방향과 성격이 과거의 그것과는 다른 측면으로 진행되고 있다. 과거에는 의식주 해결에 우선적인 관심을 두고 이를 바탕으로 관련된 문제를 해결하는 방안으로의 접근적 개발이 주를 이루었으나 최근에 와서는 의식주라는 기본적인 형태의 본능적 욕구 충족이 아닌, 기능적 측면에서 삶의 질 향상을 위한 방안으로서의 개발이 주를 이루고 있다. 즉, 30~40년 전만하더라도 배고픔을 해결할 수 있는 농지개간 및 농작물 재배 등과 같은

식량생산 문제, 추위와 더위를 피할 수 있는 공간으로서의 주거지의 개발 등이 개발의 주된 목적이었으며 이외의 측면은 중요한 가치판단의 요소가 아니었지만 이후 경제적인 발전이 지속되어 기본적인 측면에서의 의식주 문제가 해결됨에 따라 점차적으로 개인 및 공동의 생활에 있어 풍족함과 안락함을 추구하는 방향으로 개발이 이루어지고 있으며 이로 인한 고비용, 고효율의 부가적 수단 마련이 요구되고 있다.

이러한 변화는 주로 친환경적이고 자연친화적인 식생활과 여가생활을 누릴 수 있는 주거공간 및 주변여건의 충족을 요구하게 되는데, 최근에 건설되고 있는 가장 대중적인 주거지 형태인 아파트 단지에서의 변화를 살펴보면 잘 알 수 있다. 여러 아파트 건설업체들마다 친환경을 강조하고 있으며 아파트 단지 내 주차장의 지하화를 통해 확보된 지상공간에 나무를 식재하고 친수공간을 마련하며 아파트 주변에도 개울과 녹지대를 조성하는 등, 일련의 과

Corresponding Author : Woo-Sik Jung, Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
Phone: +82-55-320-3932
E-mail: wsjung1@inje.ac.kr

정을 통해 쾌적한 삶을 제공한다는 것을 홍보수단으로 내세우고 있다. 그러나 이와 같은 여건을 충족하기 위해서는 제한된 단지 면적 내에서 아파트 구조물의 고층화와 밀집화가 필연적으로 동반되어 나타나게 되며 이러한 변화의 과정은 위에서 언급한 바와 같은 긍정적 측면 이외에도 신중히 고려해야만 하는 몇 가지 문제점들을 동시에 유발하고 있다. 즉, 건물의 고층화와 밀집화로 인해 아파트 단지의 공기 유동성이 제약을 받게 되며 주변 저층 건물과의 고도 차이에 따른 주변 일대의 공기 흐름이 전반적으로 달라짐으로써 아파트 내부로 유입된 공기가 외부로 빠져나갈 수 있는 환기통로의 확보여부가 불투명해지는 문제점이 나타나게 된다. 또한 이러한 바람 구조의 변화에 의해 아파트 단지 내부에서 배출된 생활관련(난방, 차량) 대기오염물질이 고층 건물의 높이와 배치구조에 의해 외부로 원활히 빠져나가지 못하는 현상이 나타날 가능성이 있는 것이다. 이와 같이 현재 경쟁적으로 건설되고 있는 고층아파트 단지 구성을 보면 외형적인 측면에서 생활의 질적 향상을 강조하는 노력은 많이 이루어지고 있으나 이처럼 환경여건 변화로 인해 유발될 수 있는 문제점을 인식하고 이에 대한 대책 방안이 아파트 단지 조성계획에 고려되고 있지는 못한 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 고층 아파트 단지 건설에 있어 계획도 및 주변 환경여건을 고려하여 일반적으로 발생 가능한 바람조건을 분석하고 이에 따른 아파트 단지 일대의 바람분포를 상세히 살펴보고자 한다. 이를 통해 고층 아파트 건설시 적절한 단지 배치와 더불어 계획상의 장, 단점을 파악하는 중요 정보를 제공할 수 있게 될 것이다.

2. 분석 대상

본 연구에서는 부산광역시 기장군 철마면 고촌리 일대의 호야아파트 건설공사와 관련하여 아파트 배치에 따른 단지 주변의 바람장 분석을 수행하였다. 본 연구의 대상지역은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 고촌리 일대 개발지구의 서쪽 중앙에 위치하고 있는 영역이다. 그림에서 보는 바와 같이 개발지의 좌우 방향에 낮은 구릉지 형태의 지형이 형성되어 있으며 남남동 방향과 북동 방향으로 비교적 낮은 평지형태로 부지 밖 개활지와 연결되어 있는 골의 형태를 보이고 있다. 이러한 지형적 특징은 Fig. 2에 제시되어 있는 평면도를 보면 좀 더 상세히 파악할 수 있다. Fig. 2를 보면 위에서 언급한 바와 같이 개발지 좌우에 형성되어 있는 구릉지의 지형형태를 파악할 수 있고 남남동 방향과 북동 방향으로 저지

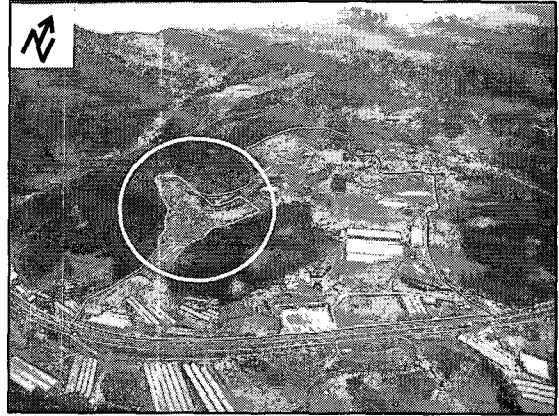


Fig. 1. Airscape of the study area(inner circle) and surroundings.

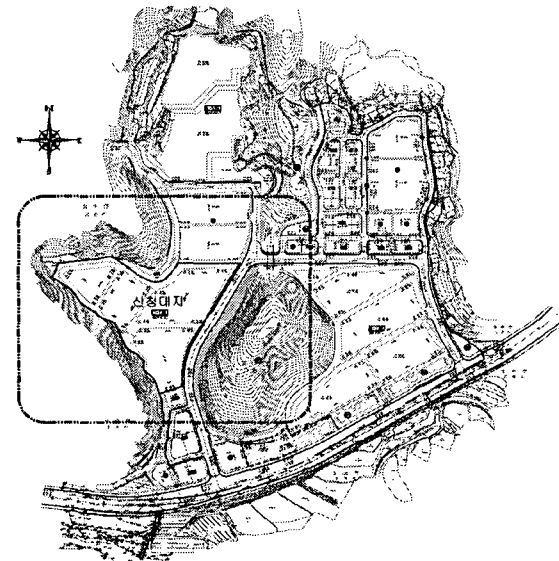


Fig. 2. A plane view of the figure 1. The rectangular line represents the study area.

대와 연결되어 있는 것을 잘 알 수 있다. 이처럼 개발지 일대의 지형적 특징은 아파트 단지주변의 바람장 분석을 위한 기본적 연구 설계와 관련하여 중요한 정보를 제공하게 된다. 본 개발지는 아파트 건설 공사 후 Fig. 3과 같은 조감도 형태의 아파트 배치를 보이게 된다.

3. 연구방법 및 결과 고찰

3.1. 미기상 수치모형 (Envi-met)의 개요

일반적으로 대기유동장 해석에 많이 사용되는 수치모형은 여러 가지(RAMS, MM5, WRF, ARPS 등)가 있으며 이들 수치모형을 이용하여 국지적 규



Fig. 3. A plot plan of the apartment complex.

모의 대기순환계 중요성과 그 특징을 상세히 살펴본 연구들도 많이 있다^{1,2)}. 하지만 이들 일반적 대기 유동장 수치모형은 몇 가지 제한적 요인에 의해 공간적으로 볼 때 수평규모가 수백m~수km인 영역에서의 상세한(격자간격 수m~수십m) 기상정보 도출에는 어려움이 있다. 따라서 이러한 공간적 규모에서의 정확한 기상정보의 산출에 있어서는 다른 방안을 대안으로 활용하여야만 한다.

본 연구에 사용된 Envi-met 모형은 독일 Bochum 대학의 Bruse³⁾에 의해 개발되었고, 2004년에 최종 개선된 모형이다. Envi-met 모형의 장점은 도시지역에 있어서의 지면, 건물, 식생, 그리고 대기의 상호작용에 관한 미세규모 모형으로서 뚜렷한 미세규모 기상의 패턴을 만들어낸다는 점과 딱딱한 건물의 벽면체 뿐만 아니라 숲과 같은 부드러운 모형도 모사할 수는 있다는 점이다.

Envi-met 모형의 구성은 대기모형, 식생모형, 토양모형, 그리고 지면과 건축물에 관한 식으로 이루어져 있는데 이러한 구성적 특성은 공간적으로 넓은 영역보다 좁은 영역에서의 상세한 기상정보를 도출하는데 장점을 가지고 있다. 즉, Envi-met 모형은 미기상에 영향을 미칠 수 있는 물리적 과정에 대한 고려를 구체적으로 하고 있다. 대기모형의 경우, 공기의 평균흐름, 난류과정, 복사과정 등을 구체적으로 고려하여 계산할 수 있으며 토양모형은 지면으로부터 2 m 깊이까지 14개 층으로 구성되어 있다. 또한 식생모형에는 열과 수증기의 난류흐름, 기공저항, 잎의 에너지 평형식, 식생/토양 물수지 등이 계산될 수 있도록 구성되어 있다. 더불어 지표면과 건축물에 대해서도 이들에 관계된 복사속, 난류속, 열속 등이 자세하게 고려되어 있다^{2,4-13)}.

Envi-met 모형은 기존의 대기유동장 수치모형과는 다른 사용 환경적 특징을 가지고 있다. 기본적으로 windows 운용체제에서 사용이 가능하게 되어

있으며 화면상으로 연구대상 지역의 3차원 공간적 구조(전체영역, 격자간격 등) 및 지표면 특성(토지이용도, 식생의 고려 등), 그리고 지형적 조건(해륙의 분포, 지형 경사, 건축물의 배치 및 구성)을 바로 확인하여 화면상에서 쉽게 수정 및 보완과정을 수행할 수 있는 편리함이 있다. 또한 계산 결과는 형식(format)전환 없이 결과표출 전용 프로그램(LEONARDO)을 통해 여러 가지 물리량에 대한 계산 결과를 가시화하여 확인할 수 있다. 이와 더불어 ASCII 형태로 여러 가지 물리요소의 시, 공간적 결과를 도출할 수 있다. 이는 사용자의 연구목적에 따라 결과 파일의 전환 및 재처리 작업에 있어 유용하게 활용될 수 있다.

4. 기상조건에 따른 바람 특성 변화 분석

4.1. 연구 대상

본 개발지에서 아파트 건설 후, 형성되는 단지 내의 바람 특성을 예측하기 위해서 다음과 같은 조건으로 계산 영역을 설정하였다. 수평방향으로 격자간격 5 m로 하여 동서방향(x 방향) 60 격자, 남북방향(y 방향) 45 격자로 구성하여 가로(동서방향), 세로(남북방향) 각각 300 m와 225 m의 범위로 설정하였다. 연직방향(z 방향)으로는 격자간격 5 m로 하여 20개 층으로 100 m 고도까지 계산을 수행하였으나 연직방향으로의 계산 불안정을 최소화하기 위하여 전체 설정 높이는 400 m로 설정하였다. 또한 지표부근에서의 상세한 계산을 위해 지표에서부터 연직 5층까지는 격자간격을 1 m로 구성하여 지표부근에서의 복잡 다양한 물리량들에 대한 계산을 상세하게 수행하도록 설정하였다.

바람장 예측을 위한 건물 및 식생에 관한 지표면 입력자료는 Fig. 4와 같이 구성하였다. 이와 같은 입

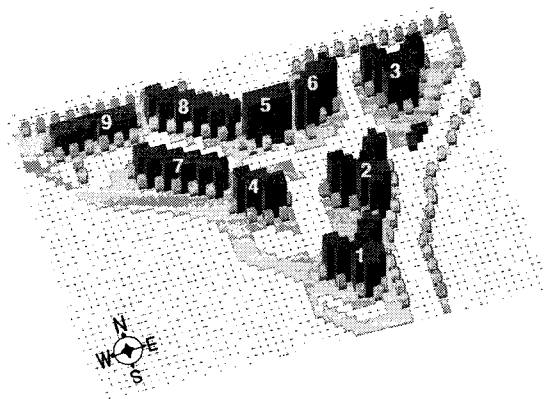


Fig. 4. Surface boundary condition of building and vegetation for Envi-met modeling. The numerical letters represent a building number.

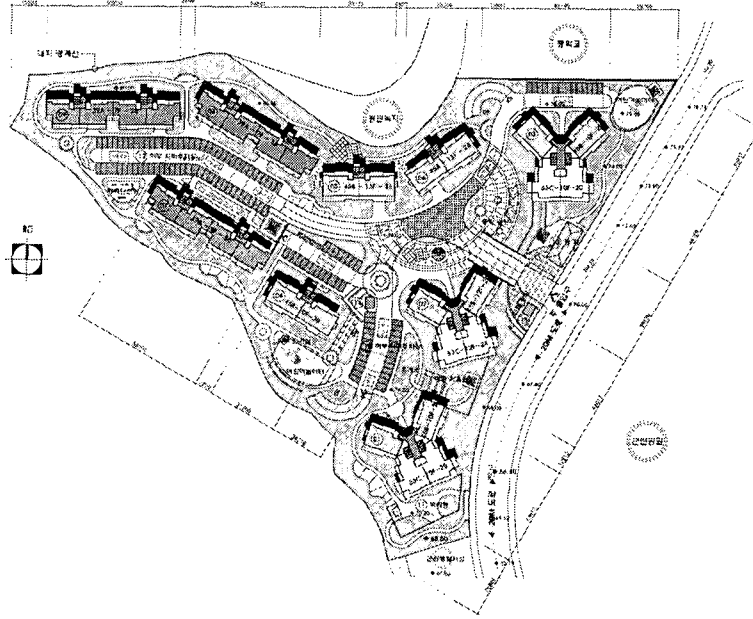


Fig. 5. A draft of apartment complex.

력자료 구축에 필요한 상세 정보는 Fig. 5에 제시된 아파트 설계도를 이용하여 도출하였으며 이를 통해 건설될 아파트 각 동의 배치(Fig. 4내의 숫자), 동의 형태 및 고도 정보를 상세히 적용할 수 있었다. 더불어 아파트 단지 내의 식생분포에 관한 정보는 Fig. 5와 앞서 제시한 조감도(Fig. 3)를 통해 모형 입력자료에 적용하였다.

4.2. 풍향별 바람길 분석 결과

서론에서 언급한 바와 같이 본 개발지의 지형적 조건을 보면 개발지의 동서방향으로는 구릉지가 형성되어 있는 반면에 남남동방향과 북동방향으로는 개활지와 연결되어 있는 형태를 보이고 있다(Fig. 1, 2 참조). 기상읍사무소에 설치되어 있는 AWS에서의 관측자료를 바탕으로 분석된 연간 바람장미도(Fig. 6)를 보면 남서풍계열과 북동풍계열의 바람이 연간 지배적이라는 것도 알 수 있다.

따라서 개발지 주변의 지형적 조건과 기상군 일대의 연간 바람장미도를 바탕으로 볼 때, 개발지에서의 주풍계가 남남동풍과 북동풍이 될 것이라는 것을 예상할 수 있게 된다. 즉, 기상 일대에 남서풍이나 북동풍 계열의 바람이 부는 경우, 개발지 주변으로도 이와 같은 풍향의 바람이 불어올 가능성이 높다. 그런데 개발지 동서방향에 형성되어 있는 구릉지 지형의 차폐효과로 인해 개발지에 남서풍계열의 바람이 불면 지형적 차폐효과에 의한 풍향변위를 통해 개발지로는 남남동풍이 불어올 가능성이

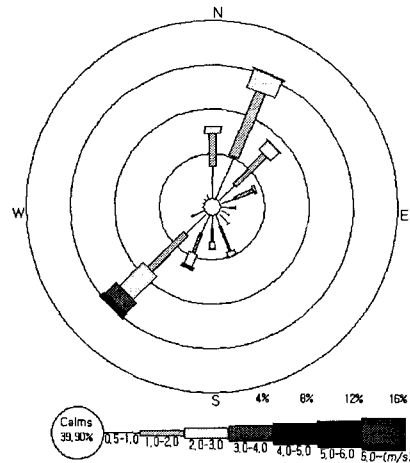


Fig. 6. Wind rose diagram at Gijang area. This figure shows that the prevailing wind directions are the southwest and the northeast.

무척 높다. 즉, 개발지의 남서방향과 남동방향에 형성되어 있는 구릉지 사이의 좁은 골을 통해 남서풍을 포함한 전반적 남풍계열의 바람은 이 골을 따라 개발지 내로 남남동풍이 바람이 나타나게 되는 것이다. 이와 같은 지형적 장애효과로 인한 풍계변화는 이미 많은 연구에서 다루어져 왔다^{1,2,14~17}.

이와 더불어 개발지의 북동방향으로도 평지형태의 개활지로 연결되는 골의 형태를 나타내는 지형

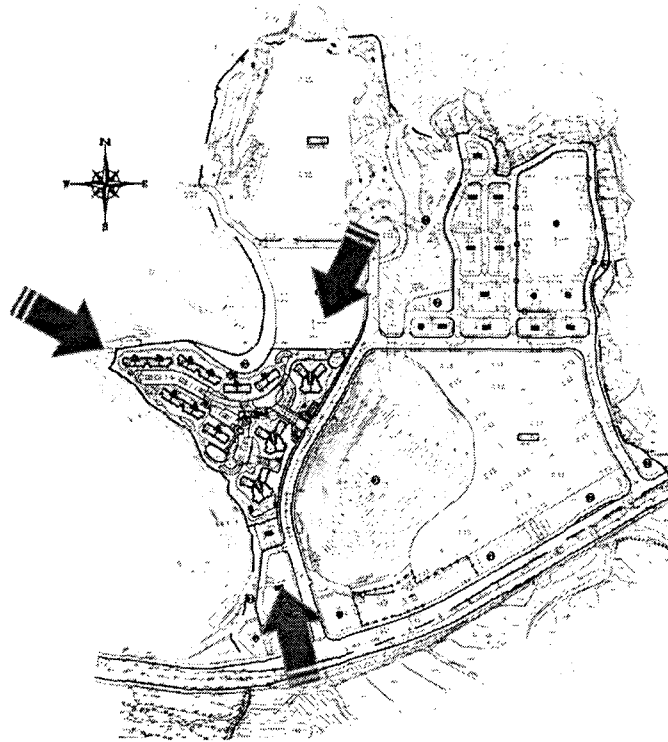


Fig. 7. The thick arrows show the prevailing wind directions around apartment complex.

적 조건으로 인해 북풍계열의 풍계는 마찬가지로 풍향변위를 통해 북동풍계열의 바람으로 나타날 가능성이 높다. 따라서 본 연구에서는 개발지의 주변 지형적 조건을 고려하여 남풍계열의 바람이 불 때 나타날 가능성이 높은 남남동풍인 170°(WD170) 방향의 바람이 부는 경우와 북풍계열의 바람이 불 때 나타날 가능성이 높은 북동풍인 30°(WD30) 방향의 바람이 부는 경우를 대상으로 이들 풍계의 바람이 불 때 아파트 단지 내의 바람 분포 특징을 예측하고 분석하고자 한다.

또한 이와 더불어 개발지의 서북서방향에 형성되어 있는 골을 따라 산사면에서 바람이 불어오는 경우에 대해서 아파트 단지 내의 바람 특성 분석을 위해 서북서풍 계열인 300°(WD300) 방향의 바람에 대한 영향도 살펴보고자 한다.

이상의 3가지 대표풍계에 대한 모식도는 Fig. 7에 제시하였다. 이 바람들은 개발지에서 형성될 수 있는 대표적 풍계라 할 수 있으므로 이 3가지 풍계 (Table 1)에 대한 개발지 내의 바람 특징 분석은 공사 후, 아파트 단지 내에서 가장 일반적으로 접할 수 있는 바람 풍계라고 볼 수 있을 것이다.

4.2.1. WD170 CASE 바람 특성 분석

여기서는 개발지의 남남동 방향으로 형성되어 있

Table 1. Numerical conditions for Envi-met modeling

Factor	CASE	WD170	WD30	WD300
Wind direction		170°	30°	300°
Wind speed (z=10 m)		5 m/s		

는 골을 따라 바람이 불어 들어오는 경우에 대한 아파트 단지 내의 바람 특성 분석 결과를 나타내었다. Table 4에 제시한 CASE별 풍속은 지상 10 m에서 5 m/s의 바람이 부는 경우로 동일하게 설정하였다.

5 m/s의 풍속은 '뷰포트 풍력계급표'에 의하면 '산들바람(3.4~5.4 m/s)'이 부는 정도이며 이는 잎사귀나 작은 나뭇가지가 흔들리고 가벼운 깃발이 날리는 정도의 풍속이다. 그러나 지상 10 m에서 5 m/s 정도의 바람이 부는 경우, 지표부근에서는 지면마찰 등에 의해 이보다 일반적으로 약한 약 4 m/s의 바람이 부는 조건이 된다.

Fig. 8은 고도 3 m와 25 m에서 예측된 아파트 단지 내와 일대의 바람장을 나타낸 결과이다. 그림에서 건물 주변의 작은 사각형은 식생(나무)을 나타내는 것이고 큰 검은색 도형은 아파트 각각의 동을 나타내고 있는 것이다.

먼저 지표부근인 고도 3 m에서의 결과를 보면, 2동과 3동 사이에 있는 아파트 주출입구를 통해 단지

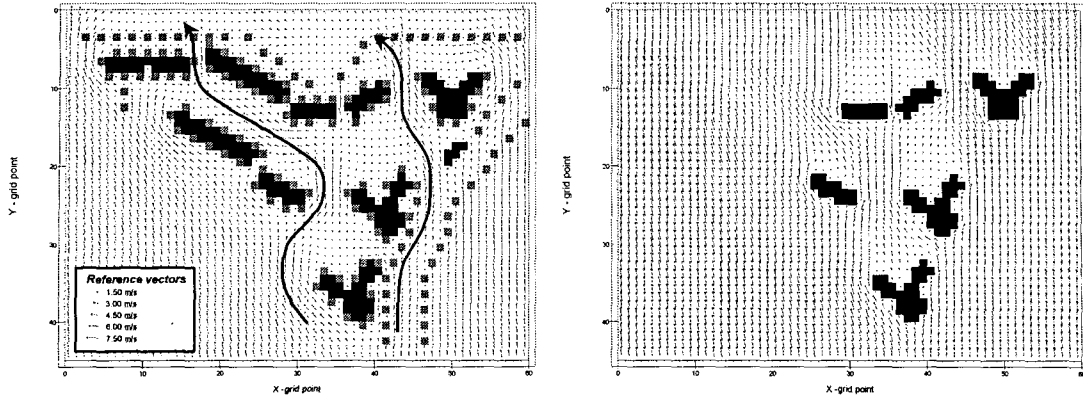


Fig. 8. Figures show the distribution of wind pattern around apartment complex in case the direction of inflow wind is 170°. Upper and lower panel represent the wind pattern at 3m and 20m AGL(above ground level), respectively. The lines with arrow indicate the ventilation passage of air incoming to the apartment complex.

내로 불어 들어오는 바람은 3동과 6동 사이 공간으로 대부분 불어가는 것을 잘 알 수 있다. 또한 주출입구를 지나 아파트 앞의 도로를 따라 불어가는 바람도 3동의 우측부를 따라 흘러가다 3동 우측 모서리 일대에서 주풍계인 170°의 바람과 합쳐져 3동 뒤편으로 향하는 것을 잘 알 수 있다. 1동과 2동 사이를 통과한 바람은 1동과 4동 사이를 지나온 바람과 함께 2동과 4동 사이의 공간을 지나 4, 7동과 5, 8동 사이의 공간을 따라 불어가는 것을 볼 수 있다. 이후 이 바람은 8동과 9동 사이의 공간을 따라 아파트 단지 외부로 빠져나가게 된다. 또한 7동과 9동을 통해 불어 들어오는 바람 역시 8동과 9동 사이 공간을 따라 아파트 단지 외부로 빠져나가는 것으로 예측되었다. 이와 더불어, 뒤에서 언급할 다른 풍향의 경우에서도 마찬가지로, 바람이 불어오는 방향에 대해 건물의 뒤면에서는 건물자체의 차폐효과에 의해 다소 낮은 풍속대가 형성되고 있음을 알 수 있다.

이상의 결과로 볼 때, 170° 방향의 남풍 계열 바람이 아파트 단지 내로 불어 들어오는 경우에 외부공기가 아파트 단지 내부에서 정체되거나 고립되는 현상은 나타나지 않을 것으로 판단된다. 하지만 고도 25 m에서의 바람장 예측 결과를 보면 3 m에서의 결과와는 달리 7동과 8동, 9동이 나타나 있지 않다. 이는 7동과 8동은 25 m 정도의 높이를 가지는 건물이고 9동은 20 m 정도의 높이를 가지는 건물이므로 고도 25 m 위에는 건물이 존재하지 않기 때문이다. 따라서 7, 8, 9동이 있는 위치에서 건물의 굴곡이나 차폐에 따른 풍향의 변화가 거의 나타나지 않고 유입바람의 풍향인 남남동풍 계열의 바람이

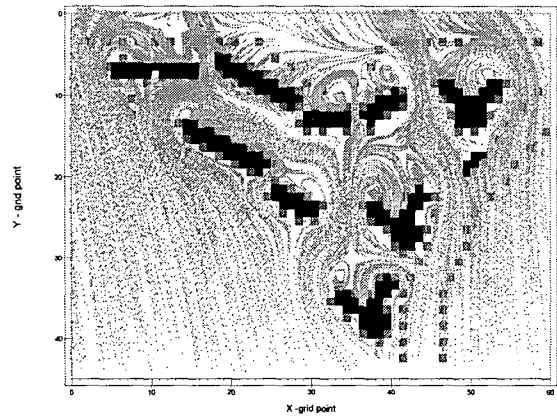


Fig. 9. Distribution of released particles at 3 m above ground level.

나타나고 있다.

이상의 결과를 통해 살펴보면, 건설 후 아파트 단지로 남남동풍 계열의 바람(170°)이 5 m/s의 풍속으로 불어오는 경우에 아파트 단지 내와 일대에는 지표부근(3 m)과 상층(25 m)에서 바람의 정체나 고립의 가능성은 비교적 낮은 것으로 판단되며 아파트 단지 내로 유입되는 바람은 정체현상 없이 아파트 외부로 재배출 될 것으로 예상된다. 이것은 Fig. 9에 제시된 입자방출 계산결과를 통해 상세히 알 수 있다. 특히, 이 풍향은 개발지의 남쪽에 위치한 도로변에서 배출된 대기오염물질이 유입될 가능성이 있는 경우라고 할 수 있다. 그러나 결과와 같이 단지 내로 불어 들어오는 공기가 단지 바깥으로 원활히 빠져 나갈 수 있는 환기 통로가 뚜렷이 형성되어 있으므로 대기오염물질의 정체에 따른 고농도 대기오염

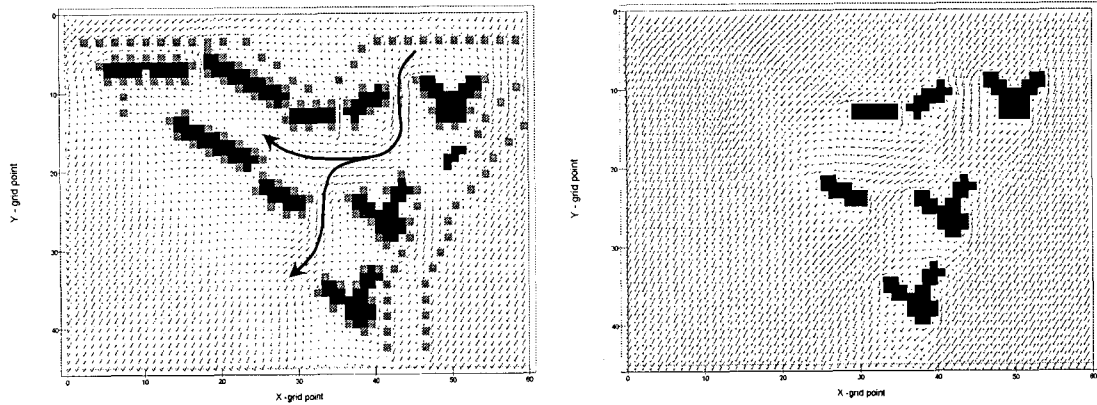


Fig. 10. Same as Fig. 8, except for the wind direction of 30°.

과 같은 문제점은 나타나지 않을 것으로 예상된다.

4.2.2. WD30 CASE 바람길 분석

여기서는 개발지의 북동 방향으로 형성되어 있는 골을 따라 바람이 불어 들어오는 경우에 대한 아파트 단지 내의 바람 특성 분석 결과를 나타내었다. Fig. 10은 고도 3 m와 25 m 에서의 결과를 나타낸 것이다. 먼저 지표부근 결과인 3 m에서의 그림을 보면 3동과 6동 사이를 통해 단지 내로 불어 들어온 바람이 2동과 4동 사이 영역을 통해 단지 밖으로 일부 불어 나가는 것을 보아 이러한 풍계의 경우에 있어서 바람의 환기 경로가 3, 6동 사이에서 2, 4동 사이영역으로 판단된다. 그러나 3동과 6동을 통해 들어온 공기의 대부분은 단지 밖으로 불어나가지 못하고 4동과 5동 사이의 영역을 따라 아파트 단지 내로 불어 들어가는 것을 볼 수 있으며 이후 7동과 8동 사이에서는 풍속의 약화가 뚜렷이 나타나고 있다. 이러한 분석은 이는 Fig. 11에 나타낸 입자방출 결과를 보면 뚜렷이 알 수 있다. 그림에는 보는 바와 같이 3동과 6동 사이를 통해 아파트 단지 내로 유입된 입자들은 대부분 6동을 지나 4동과 5동 사이의 아파트 단지 내로 수송되고 있다. 이후 7동과 8동 앞쪽에서 정체되어 더 이상 단지 밖으로 배출되고 있지 못하다. 이것은 현재와 같은 아파트 배치구조를 가지는 경우에는 북동풍 계열의 바람이 개발지 일대에 불어오면 아파트 단지에 유입된 공기가 단지 내에서 정체되고 단지 내에서 배출된 대기오염물질 등은 단지 밖으로 원활히 배출되지 못하고 단지 내에 정체되는 현상이 나타날 가능성이 있다는 것을 의미하는 것이다. 즉, 주어진 풍향(30°)에 대해서 5, 6, 8동이 전반적으로 바람의 차폐 역할을 하여 공기의 내부 정체가 나타나는 것이다.

위에서 설명한 바와 같이 7동과 8동 사이 영역을

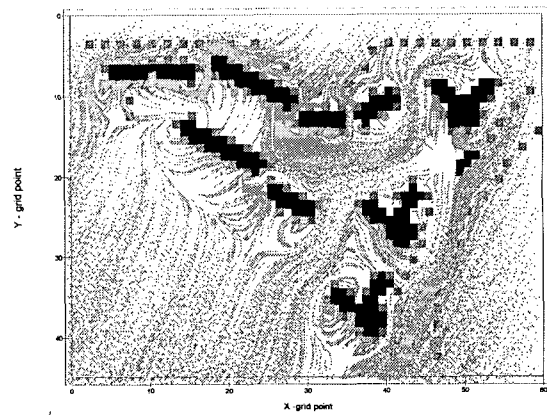


Fig. 11. Same as Fig. 9, except for the wind direction of 30°.

자세히 살펴보면 대체로 약한 바람이 나타났는데 자세히 살펴보면 주어진 주풍계인 북동풍과 정반대 방향인 남서풍 계열의 바람이라는 것을 알 수 있다. 이것에 대한 자세한 모식도는 Fig. 12에 자세히 나타나 있다. 즉, 7동과 8동은 주어진 풍향에 대해 거의 직각방향으로 건물이 펼쳐져 있고 8동을 넘어 단지 내로 불어 들어온 바람은 7동과의 사이 공간에서 바람의 재순환현상을 형성하게 되고, 따라서 하층(3 m)에서는 주어진 풍향과 반대 방향의 약한 바람이 불게 되는 것이다. 이에 대한 상세한 분석적 설명은 뒤에 있는 Fig. 13의 그림을 통해 상세히 설명할 것이다. 고도 25 m에서의 결과를 보면, WD17 case의 25 m 결과와 마찬가지로 7, 8, 9동은 나타나고 있지 않으며 이들 7, 8, 9동이 위치하고 있는 일대에서 바람이 건물에 의해 차폐되어 바람이 변위되거나 크게 약화되는 현상은 나타나고 있지 않다. 대신 주어진 풍계와 유사한 형태로 단지 내를 그대로 통과하여 단지 밖으로 불어 나가고 있음을 알 수 있다.

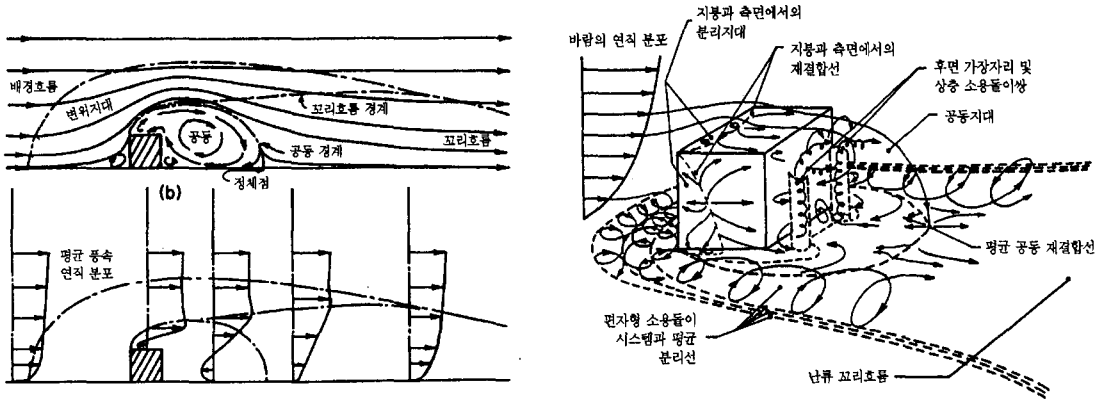


Fig. 12. Schematic diagram on the stream pattern around building¹⁸⁾.

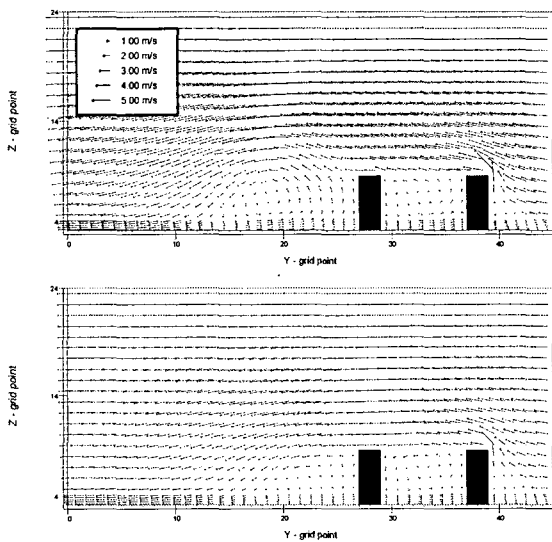


Fig. 13. Vertical distribution of wind pattern on the inflow wind speed of (a) 5 m/s and (b) 10 m/s.

이러한 결과를 종합적으로 판단해 보면, 상층(25 m)에서는 8동과 9동 사이로 유입되는 바람이 단지 밖으로 빠져나가는 흐름과 연동되어 단지 내 공기의 환기작용을 일부 예상할 수 있으므로 지표부근에서 나타난 공기의 정체현상은 일부 해소될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 이 풍향은 개발지의 북동방향에서 바람이 단지 내로 불어 들어오는 경우로 개발지의 북쪽방향은 소가구의 농촌마을이 형성되어 있고 그 뒤로 연속되는 산림지역이 형성되어 있기 때문에 대기질 측면에서 청정한 공기의 유입을 예상할 수 있는 풍계이다. 따라서 앞서 WD170의 경우와 달리 단지 내에서 바람의 정체현상이 있다 하더라도 일부 환기효과가 있으므로 심각한 문제가 나

타날 것으로는 보여지지 않는다. 하지만 단지 조성 계획단계에서 아파트 등의 배치를 조절할 수 있다면 더욱 원활한 공기의 환기효과를 기대할 수 있을 것이다.

Fig. 13은 WD30의 경우에 대해 x 방향 20지점(grid point)에서의 Y-Z 바람장 분포를 나타낸 것으로 유입풍속은 10 m/s(Fig. 12(a))와 5 m/s(Fig. 21(b))를 고려하였다. 먼저 유입풍속이 10 m/s인 경우의 결과를 보면 7동(왼쪽 검은 부분)의 풍하측(그림 상으로는 7동 건물의 왼쪽에 비교적 큰 재순환 현상이 나타나고 있다. 즉 7동의 풍하측의 대기하층을 보면 유입풍향과 반대방향의 바람인 남서풍(그림 상으로는 왼쪽에서 불어오는 방향)이 뚜렷하게 나타나고 있다. 이는 앞서 Fig. 12에서 본 바와 같이 건물의 후면에서 나타나는 흐름분리현상과 이와 연관된 풍하측 재순환 현상을 잘 나타내고 있는 것이다. 마찬가지로 유입풍속이 5 m/s인 경우에도 이와 유사한 특징을 보이고 있다. 그러나 유입풍속의 차이에 따라 7동 풍하측 영역에서의 재순환 현상의 규모와 강도가 다르게 나타나고 있다. 즉, 유입풍속이 5 m/s 경우에는 7동 풍하측에 형성된 재순환 현상의 규모도 작고 8동의 풍하측 영역에 형성되어 있는 재순환 현상과의 결합여부도 확실하지 않다. 그러나 유입풍속이 10 m/s인 경우에는 7동 풍하측의 재순환 현상규모가 클 뿐만 아니라 8동 풍하측에 형성되어 있는 재순환현상과 연계되어 있는 것을 알 수 있다. 즉, 8동 풍하측에 형성된 재순환 현상으로 7동과 8동 사이의 옥상 부근 고도에서는 강한 유입풍속으로 인해 모서리에서의 상승류가 나타나고 이러한 영향을 받은 유입바람은 7동 풍하측에 형성되어 있는 재순환 현상의 상승류와 결합하여 멀리 단지 밖까지 공기가 불어 나가는 것을 볼 수 있다. 이러한

차이는 대기오염물질의 정체여부를 알 수 있는 근거가 된다. WD30 case에서는 단지 밖에서 단지 내로 유입된 공기가 7, 8동 사이 영역에 정체될 수 있는 가능성이 클 것이라는 분석을 하였었다. 또한 이는 대기오염물질이 단지 밖에서 단지 내로 유입되거나 단지 내에서 대기오염물질이 배출되는 경우에 단지 밖으로 원활히 배출되지 못하고 단지 내에 정체될 수 있어 대기오염물질의 농도가 높아질 수 있는 가능성이 있는 것이다. 그러나 이러한 현상도 유입풍속의 정도 차이에 따라 지속적인 정체 현상이 나타나거나 아니면 일부 환기효과가 나타날 수 있다. 즉, 유입풍속이 5 m/s 정도인 경우에는 7동과 8동 사이로 유입된 공기나 대기오염물질이 이 지역에서 형성되는 재순환 현상이 있다고 하더라도 그 강도가 약할 뿐만 아니라 옥상 높이에서 불고 있는 바람에 의해 7동을 넘어가지 못하고 지속적으로 7, 8동 사이에 정체되어 대기의 정체효과와 고농도의 대기오염현상이 나타날 수 있지만 유입풍속이 10 m/s 정도인 경우에는 마찬가지로 7, 8동으로 유입된 공기나 대기오염물질이 이곳에서 형성된 좀 더 강한 재순환 현상과 옥상 고도에서 불고 있는 바람의 결합으로 인해 7동을 넘어 7동의 풍하측으로 수송될 수 있고 다시 7동의 풍하측에 형성되어 있는 재순환 현상의 상승류에 의해 더 높은 고도로 이동하여 결국은 유입바람에 의해 단지 밖 멀리까지 수송될 여건이 된다. 그리고 이러한 과정을 통해 단지 밖으로 수송된 공기나 대기오염물질은 7동 풍하측의 재순환 현상으로 인해 지표부근에는 단지쪽으로 향하는 바람이 시작되는 영역보다 더 먼 곳에서 하강하기 때문에 단지 내로 불어 들어올 가능성은 매우 낮을 것으로 보여진다.

이상의 과정에서 나타난 풍하측의 재순환 현상 등은 기존의 유체역학적 이론과 잘 부합하는 것으로 본 연구에서 사용한 미기상 모형인 Envi-met이 객관적이고 타당한 결과를 제공하고 있다는 검증자료가 될 수 있다.

4.2.3. WD300 CASE 바람 특성 분석

여기서는 개발지의 북서 방향으로 형성되어 있는 지형을 따라 바람이 불어 들어오는 경우에 대한 아파트 단지 내의 바람 특성 분석 결과를 나타내었다. 결론적으로 본 WD300 case에서는 앞서 WD170와 WD30 case에 비해 비교적 원활한 바람의 환기작용이 예상된다. Fig. 14는 고도 3 m와 25 m의 바람장을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 단지 내로 유입되는 바람은 거의 대부분 단지 밖으로 원활히 불어 나가고 있다. 이는 아파트 단지 내의 각동의 배치가 유입풍향과 거의 평행한 북서-남동 방

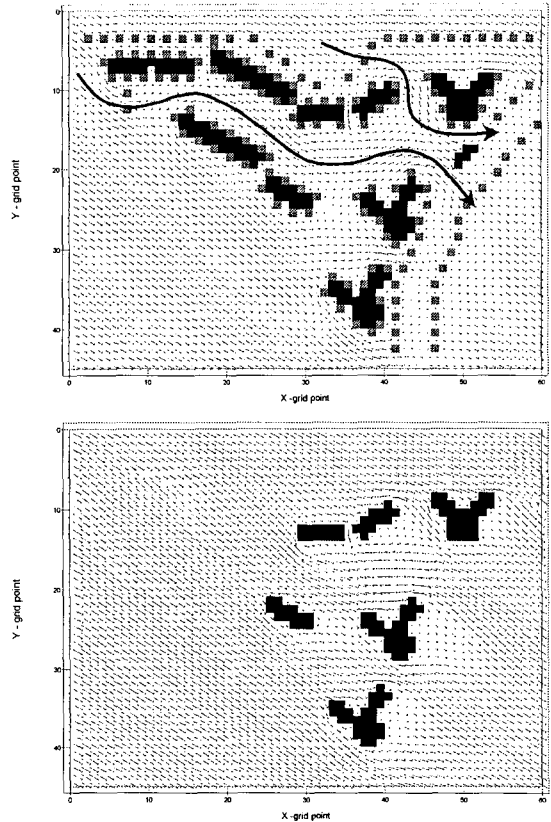


Fig. 14. Same as Fig. 8, except for the wind direction of 300°.

향으로 설계되어 있기 때문으로 볼 수 있다. 즉, 7동과 8동이 외부 공기가 단지 내로 유입되는 주된 통로인데 이들의 배치가 유입 바람에 거의 영향을 주지 않는 북서-남동 배치를 하고 있고 나머지 건물 또한 전반적으로 유입 바람을 방해하지 않는 북서-남동 배치를 하고 있어서 바람의 재순환 구조에 의한 단지 내 정체현상이 나타나지 않게 된다. 즉, 주어진 풍향에 의해 단지 내로 유입되는 바람이 2동과 3동 사이를 통해 대부분 단지 밖으로 불어 나갈 것으로 예상된다. 이러한 경향은 Fig. 15에 제시한 입자방출 결과를 통해 뚜렷이 이해할 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이 방출된 입자가 단지 내에서 정체되거나 누적되는 현상이 거의 나타나고 있지 않음을 알 수 있다.

고도 25 m 상층대기에서도 동일한 경향으로 나타나는 것을 알 수 있으며 이 고도에서의 풍속분포를 보더라도 3 m에서의 경우와 마찬가지로 2, 3동 사이의 영역을 통해 비교적 강한 풍속대가 길게 형성되어 있어 바람의 환기 작용이 원활하다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼 때, 아파트 단지 내로

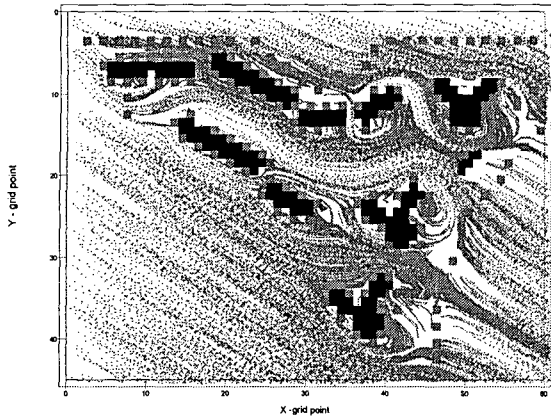


Fig. 15. Same as Fig. 9, except for the wind direction of 300°.

북서계열의 바람이 불어 들어오는 경우에는 전반적으로 단지 내에 바람의 정체 현상 없이 바람의 환기 작용이 원활할 것으로 예상된다.

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 부산광역시 기장 일대에 건설 예정인 호야아파트를 대상으로 아파트 건설 후, 단지 내의 바람 특성에 대한 분석을 수행하였다. 건물의 배치에 따른 아파트 단지 내의 바람 특성을 정확하게 분석하기 위하여 본 연구에서는 미기상 수치모형인 Envi-met을 이용하여 풍향별로 아파트 단지 내에서 형성되는 바람장 특성을 분석하였다.

먼저, 본 연구에서는 풍향별 바람 특성 분석을 위하여 대표 풍향을 설정하였다. 대표 풍향의 설정은 개발지 주변의 지형지세를 고려하여 남남동계열인 170°풍향과 북동계열인 30°, 그리고 북서계열인 300° 풍향을 유입풍향으로 설정하여 연구를 진행하였다.

풍향별 바람장과 풍속분포를 간단히 요약하면 다음과 같다.

유입풍향이 남남동 계열인 170° 방향의 바람이 단지 내로 유입되는 경우에 3동과 6동 사이의 구간을 통해 대부분 아파트 단지 밖으로 불어 나가는 환기 경로가 뚜렷하게 형성되는 것으로 분석되었다. 더불어 2동과 4동 사이 영역을 통해 불어 들어온 바람이 7동과 8동 사이 영역으로 진행하여 8동과 9동 사이의 영역으로 불어 나가는 것도 확인되었다. 유입풍향이 북동계열인 30° 방향의 바람이 단지 내로 유입되는 경우에는 2동과 4동 사이의 영역을 따라 일부 불어 나가지만 대부분은 7동과 8동 사이의 영역으로 불어 들어가서 정체현상을 나타낼 가능성이 있는 것으로 분석되었다. 하지만 유입풍속에 따라 7

동과 8동 사이에 형성되는 재순환 과정에 의한 상승류와 연동되어 바람의 환기작용이 나타날 가능성도 있었다. 더불어 유입풍향의 북쪽으로는 소규모의 농촌마을과 산림지역이 위치하고 있으므로 대기오염물질의 유입에 따른 대기질 악화현상이 발생할 가능성은 크지 않을 것으로 예상된다. 또한 유입풍향이 북서계열인 300° 방향의 바람이 단지 내로 유입되는 경우에는 앞서 두 방향의 유입풍향에 비해 가장 뚜렷하고 일률적인 환기 경로가 형성되는 것으로 예상되어 단지 내로 유입된 공기의 환기 작용이 가장 분명하게 나타나는 것으로 분석되었다.

이상의 내용을 바탕으로 최근 급격히 건설되고 있는 고층아파트 건설시 아파트 단지 배치에 따른 바람장 특성을 살펴보고 그에 의한 대책이 마련된다면 더욱 쾌적하고 높아진 수요자의 욕구에 부합할 수 있으며 친환경적인 개발이 이루어질 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 이화운, 김유근, 정우식, 2000, 연안부근 복잡지형의 대기유동장 수치실험 II - 부산광역시지역에 대한 국지순환모형의 적용 -, 한국대기환경학회지, 16(2), 151-158.
- 2) 정우식, 이화운, 2002, 해풍시작에 영향을 미치는 지형성 강풍현상에 관한 고찰 - 관측자료분석 -, 한국환경과학회지, 11(4), 289-295.
- 3) Bruse M., 1998, Development of a microscale model for the calculation of surface temperatures in structured terrain, MSc Thesis, Inst. Geo. Univ. Bochum.
- 4) Launder B. E., Spalding D. B., 1974, The numerical computation of turbulent flows, Comp. Methods Appl. Mech. Eng., 3, 269-289.
- 5) Mellor G. L., Yamada T., 1975, A simulation of the Wangara atmospheric boundary layer data, J. Atmo. Sci., 32, 2309-2329.
- 6) Clapp R. B., Hornberger G., 1978, Empirical equations for some soil hydraulic properties, Water Resour. Res., 14, 601-604.
- 7) Deardorff J. W., 1978, Efficient prediction of ground surface temperature and Moisture with inclusion of a layer of vegetation, J. Geophys. Res., 83, 1889-1903.
- 8) Barden H., 1982, Simulations modell fur den Wasser-, Energie- und Stoffhaushalt in PflanzenbestaWnpwden, Report, Inst. Met. Univ. Hanover, 23.
- 9) Yamada T., 1982, A numerical model study of

- turbulent airflow in and above a forest canopy, J. Meteor. Soc. Japan, 60, 439-454.
- 10) Wilson J. D., 1988, A second order closure model for flow through vegetation, Boundary-Layer Met., 42, 371-392.
 - 11) Tjernstrom M., 1989, Some tests with a surface energy balance scheme including a bulk parameterization for vegetation in a mesoscale model, Boundary-Layer Met., 48, 33-68.
 - 12) Asaeda T., Ca V. T., 1993, The subsurface transport of heat and moisture and its effect on the environment - a numerical model, Boundary-Layer Met., 65, 159-179.
 - 13) Liu J., 1996, E-modelling of turbulent air flow downwind of a model forest edge, Boundary-Layer Met., 77, 21-44.
 - 14) 정우식, 이화운, 2000, 연안복잡지역에서 해풍시작에 대한 지형의 영향, 한국기상학회지, 36(2), 245-256.
 - 15) 정우식, 이화운, 김현구, 2003, 포항지역의 겨울철 남서계열 탁월풍 현상에 관한 분석 및 수치모의, 한국지구과학회지, 24(6), 533-548.
 - 16) Bossert J. E., 1997, An investigation of flow regimes affecting the Mexico city region, J. Appl. Meteor., 36, 119-140.
 - 17) Cai x. M, Steyn D. G., 2000, Modelling study of sea breezes in a complex coastal environment, Atmos. Environ., 34, 2873-2885.
 - 18) 윤일희, 2003, 미기상학개론, 시그마프레스, 360-361pp.