

아파트의 실내외 공기질 향상을 위한 주동 배치 계획 연구

A Study on the Site Planning of an Apartment Complex for Improving the Outdoor and Indoor Air Quality

신 지 웅* 김 태 연** 이 경 희***
Shin, Jee-Woong Kim, Tae-Yeon Lee, Kyung-Hoi

Abstract

This study focuses on the impacts of apartment building arrangements on the outdoor and indoor air quality - the efficiency of natural ventilation in the outside/inside area of an apartment with consideration to the characteristics of an air flow in outside area depending on the types of the arrangements, the main direction of the wind, and the outside wind pressure on the building facade.

As indices to evaluate the efficiency of natural ventilation, the concepts of "Age of Air" and "Purging Flow Rate(PFR)" were used in this study. As indices to classify the efficiency of indoor natural ventilation, the mean values of the wind pressure differences between the front and the back elevations of an apartment building were used.

The research showed that the PFR of each apartment building arrangement ranges from 0.867 to 3.253. The "minus-shaped" arrangement showed the highest PFR, 2.306; the "zigzag-shaped" arrangement measured 1.889; the "angle-shaped" arrangement measured 1.465, and the "square-shaped" arrangement measured 1.241.

Depending on the direction of the wind, the pressure differences range extremely, with variations from 170% to 2300%. Thus, the indoor natural ventilation efficiency can be changed by the pressure differences of the wind, which are sensitive to the main direction of the wind even though the structure and planning of the apartment complexes are the same. Despite the same direction of the wind, even the efficiency can be diverse. This study showed how to predict the most beneficial apartment building arrangement for the profitable natural ventilation efficiency in each direction of the wind.

Keywords : apartment building arrangement planning, indoor and outdoor air quality, age of air, PFR

1. 서 론

일반적으로 건축 실내공간, 옥외공간에서는 오염물질의 발생위치, 기류의 패턴에 따라 농도분포가 형성된다. 일부 공간에서는 통풍이 원활하게 이루어져 오염농도가 낮게 형성되나 반대의 경우는 고농도의 공간으로 인하여 여러 가지 문제점을 발생시키기도 한다. 따라서 설계단계에서 실내 공간 또는 옥외공간의 건물 배치 형태에 따른 환기효율을 예측하고 발생한 문제점을 적극적으로 해결하려는 노력이 필요하다.

환기효율을 평가하는 지표로는 공기령(age of air)이 주로 이용된다. 주로 실내공간에서 많이 사용하는 환기효율 지표인 공기령은 취출구에서 유입된 공기가 어떤 위치에 도달하는 시간을 타나내는 것으로, 공기가 정체되어 유입된 후 배출되는 시간이 길어지면 이에 비례하여 공기의 질도 나빠지게 된다는 것을 나타내고 있다.

이러한 공기령의 개념은 옥외 공간에서도 적용할 수 있다. 해석이 필요한 영역을 결정하고 그 경계면에서부터 유입되는 공기의 연령을 실내공간과 동일한 방법으로 해석할 수 있다. 그러나 공기령은 공기의 유출입면이 불분명한 옥외공간에서의 적용된 사례가 적고, 해석 영역에서 배출된 후 다시 유입된 공기에 대한 처리 등이 명확하지 않다. 또한 체적이 실내공간과 비교해 매우 큰 외부공간이라는 특성상, 오염물질이 공기 자체

* (주)이에이엔테크놀로지, 공학박사
** 연세대학교 건축공학과 조교수
*** 연세대학교 건축공학과 교수

보다는 주로 지면 또는 건물에서 발생하는 것이 일반적이나, 공기령 해석에는 오염물질의 발생위치 등에 대한 고려가 되어 있지 않다.

본 논문에서는 옥외공간에서 오염물질의 발생위치와 오염공기의 재유입을 고려하여 해석 가능한 환기효율지표인 purging flow rate를 도입하였다. 동일한 용적률로 구성된 4가지 배치 유형의 아파트 단지를 대상으로 건물의 배치에 따른 기류 특성과 공기령 및 purging flow rate를 해석하여 각 배치 유형별로 단지내 옥외공간의 공기질 특성을 고찰하고 건축계획적 개선이 요구되는 영역을 추정하였다. 또한 아파트 전후면의 풍압차를 측정하여 각 배치유형 및 풍향별로 실내 자연환기성능에 대한 상대적 비교 평가를 수행하였다.

2. 공기령과 purging flow rate

2.1 공기령

공기령(age of air)은 스웨덴의 M. Sandberg에 의해 건축공간내의 환기성상을 나타내는 지표로 도입된 개념으로 다음과 같은 3개의 지표가 제안되었다.

- (1) 공기령(age of air): 신선한 공기가 취출구로부터 유입되어 어떤 점에 도달하기까지의 시간
- (2) 공기여명(residual life time of air): 공기가 어떤 지점을 통과하여 배출되기까지의 시간
- (3) 체재시간(residence time of air): 취출구로부터 유입되어 배출되기까지의 시간

특히 (1) 공기령은 환기성상을 평가하는 중요한 지표로서 널리 이용되고 있는데 그 단위는 명목환기시간을 기준으로 한 값이 사용되고 있다.

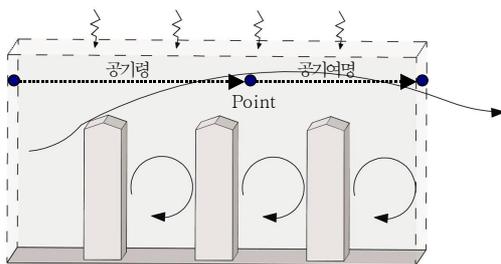


그림 1. 아파트 단지에서의 공기령 개념

공기령의 해석은 실험에 의한 방법과 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 방법 등이 있다. 실험에 의한 방법은 tracer gas법에 의한 step-up법, step-down법 등이 많이 사용된다. 컴퓨터에 시뮬레이션의 대표적인 방법은 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 이용한 것으로 취출구가 1개인 경우 S.Kato가 제안한 SVEs방법을 이용하여 간단히 산출할 수 있다.

2.2 Purging flow rate

Purging flow rate(이후 PFR)은 해양오염확산을 연구한 Zvirin과 Shinnar에 의해 개념이 도입되어 Sandberg와 Sjober에 의해 건축공간의 환기성상의 해석에 적용되었다. PFR은 유량(m³/s)의 차원을 가지며 건축공간과 같이 특정 크기를 가진 영역을 대상으로 그 안에서 발생하는 오염물질을 희석하는데 유효한 신선공기의 양을 나타내고 있다. PFR은 오염물질 발생위치를 포함하는 영역에 대하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$PFR = \frac{q_p}{C_{cv}} \quad (1)$$

q_p : 해석영역 내에서의 오염물질 발생률(kg/s)

C_{cv} : 해석영역의 평균농도(kg/m³)

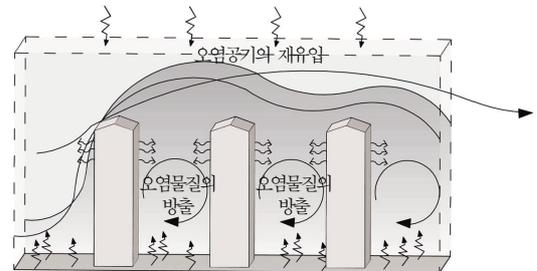


그림 2. 아파트 외부공간에서의 PFR 개념

PFR의 도입으로 해석영역 내에서 발생한 오염물질을 희석(배출)하는, 오염물질을 제거한 공기량(단위 시간에 해석영역내로 유입하는 신선공기의 유량)을 평가할 수 있다.

PFR은 해석영역내로 유입하는 신선한 공기의 유량과는 구별이 된다. PFR은 해석영역에서부터 배출되어 다시 유입되는 공기에 포함된 오염물질이 고려되어 있기 때문이며 이점이 PFR의 가장 큰 특징의 하나이다. 또한 공기령과는 달리 실제로 오염물질이 발생되는 위치를 고려한 환기성능 해석이 가능하다. 해석영역 전체의 PFR 뿐만 아니라 측정된 어느 국소영역에 대한 PFR을 정의할 수도 있다. 국소영역에 대하여 정의된 PFR을 local purging flow rate이라고 한다. Local purging flow rate(이후 L-PFR)은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$L-PFR = \frac{q_p}{C_p} \quad (2)$$

C_p : 국소영역의 평균농도(kg/m³)

L-PFR은 오염물질발생량을 그 오염물질발생원을 포함한 영역의 평균농도로 기준화한 것이다. 즉 기류가 동일하여도 국소

영역의 크기에 의해 그 영역내의 평균농도가 변화하게 된다. 따라서 L-PFR을 계산하는 국소대상영역의 결정방법에 의하여 L-PFR의 값은 변화하게 된다.

L-PFR의 값은 국소대상영역의 크기에 의존하게 된다. 또한 환기량, 완전확산농도 등 환기성상을 결정하는 대표적인 지표로 기준화되어 있지 않기 때문에 L-PFR을 이용하여 서로 다른 대상의 환기성상을 직접 비교할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 Uehara 등은 속도와 대표 길이를 가지고 무차원화한 PFR*를 도입하여 사용하기도 하였다. 그러나 일반적으로는 체적이 같고 오염물질 발생률이 동일한 경우 환기성능에 대한 상대적인 비교는 가능하다.

3. 주동배치구조의 유형화 및 해석대상 모델링

3.1 아파트 단지 배치의 유형화

본 연구를 위해 고층아파트를 대상으로 단지 배치의 유형을 조사 분석하였다.

조사된 아파트 단지는 최근 5년 이내에 건립되거나 분양, 시공이 진행 중인 21개 민간건설업체의 148개 단지이며, 적용된 배치 유형을 다음 표와 같이 크게 8가지 유형으로 구분하였다. 실제 단지의 배치 형태는 각 대지의 일반조건 차이와 범규제로 인해 매우 다양한 모양과 조합으로 구성된다.

표 1. 아파트의 주동 배치 유형

일자형배치		엇배치	
ㄱ자형배치	탑상형주동배치	ㄷ자형배치	
ㄷ자형배치 (王형/ㄱ형/E자형)			

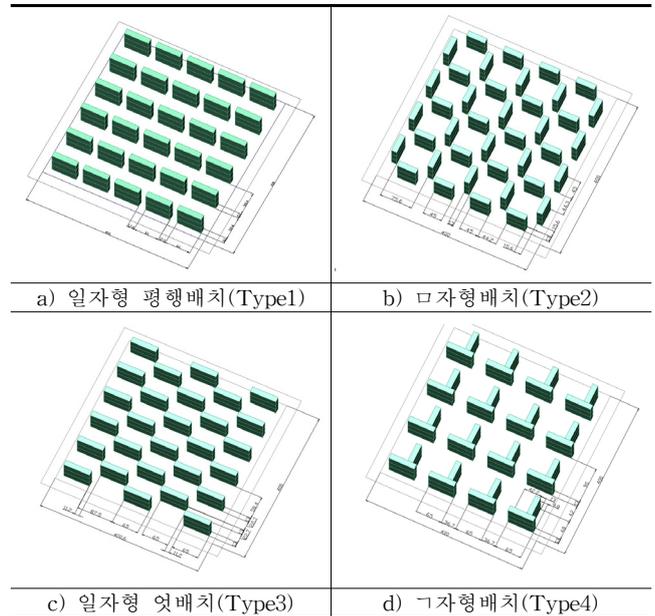
3.2 해석 대상 모델링 및 경계조건 설정

해석 대상 주동배치 유형은 21개 주요 민간건설업체의 최근 148개 단지 사례를 조사하여 가장 일반적이라 판단되는 4가지 배치 유형(일자형, ㄱ자형, 엇배치, ㄷ자형 배치)을 선정하였다.

지역별, 미시기후별 주풍향이 상이하다는 점을 감안하고 풍향의 변화에 따른 해석 결과의 차이를 파악하기 위하여 특정

배치 유형에 대하여 전 방위에 걸친(3풍향 또는 8풍향) 해석을 실시하였다.

표 2. 해석대상 모델의 규모 및 형태



* 건축법규 제한을 고려하였으며 모두 용적률을 250%로 고정
* 건물의 높이는 60m이며 주동간 정복거리는 약 1H 이격

각 유형별 실내의 환기성능을 CFD 방법에 의해 해석하였다. 해석을 위하여 전체 공간을 약 400,000개의 셀로 분할하였다. 단지 내로 유입되는 바람의 분포는 기준속도 2.5m/s, 기준높이 10m로 설정하였다.

4. 해석결과

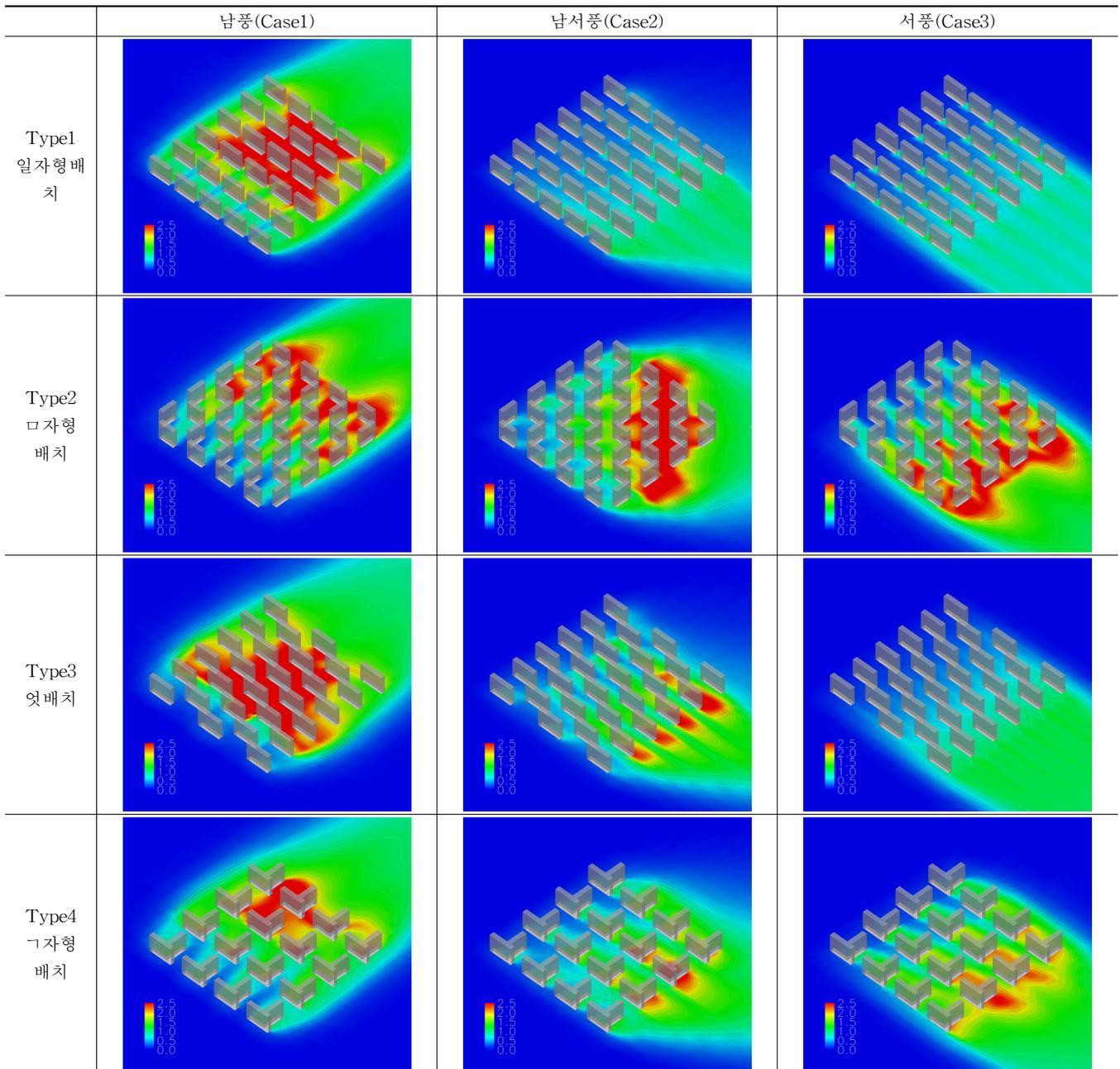
4.1 기류 및 풍압분포해석 결과

옥외공간의 기류 및 풍압분포 특성을 파악한 결과, 동일한 단지 배치라고 하여도 풍향에 따라서 그 분포 특성이 매우 상이하게 나타난다는 점과 단지 스케일의 순환기류 등 특정 기류 패턴이 나타나는 조건, 그리고 옥외공간의 풍압 분포에서 예상하지 못했던 정·부압대의 조성 현상 등을 파악할 수 있었다.

4.2 공기량 해석 결과

공기량이 크게 나타나는 부위는 단지 외부로부터 유입된 공기가 단지 내부 즉, 대지 및 건물(실내)에서 방출된 오염 공기와 오랫동안 혼합되었다는 의미이므로 그 자체로서 오염도가 높을 가능성이 있다고 판단할 수 있다. 이는 단지 외부의 공기가 내부 공기보다 청정하다고 가정할 경우만이 아니라 각종 연소가스 등 오염물질로 오염된 경우에도 해당된다. 일반적으로 주택 단지 내부에서는 끊임없이 공기오염물질이 발생하기 때문이다.

표 3. 배치 유형별 공기령 해석



(1) Type1 : 일자형 평행 배치

일자형 평행 배치는 풍향에 따라 공기령의 분포가 큰 차이를 나타낸다. Case 1과 같이 주동면과 수직방향으로 바람이 불어올 경우 주동 배치의 제 3열 이후부터는 공기령이 급격히 증가하여 최대 4.34의 값을 나타내고 있다. 표 3.에서 적색으로 표시된 부위는 공기령이 2.5를 초과하는 경우로서 옥외 환기효율이 상대적으로 저조한 공간이다.

공기령 해석을 건물의 고층부 영역인 50m 지점에서 실시하여도 공기령이 크게 나타나는 부위는 큰 변화가 없다.

반면, Case 2는 주동과 대각선 방향에서 바람이 불어오는

경우인데 최대 공기령이 1.32의 낮은 값에 머무르고 있어 옥외 공간의 환기효율은 매우 양호할 것으로 추정된다.

Case 3은 Case 2와 큰 차이를 보이지 않는데 최대 공기령은 1.46으로서 Case 2보다 약간 증가하였다. 이는 주동과 주동의 측벽 사이공간에 공기가 정체되는 현상이 발생하기 때문이다.

본 공기령 분석을 통해서 알 수 있는 바와 같이 일자형 평행 배치는 주풍향에 따라 환기효율이 매우 민감하게 변화하므로 실무 적용시 풍환경에 대한 사전 고려가 반드시 필요하다고 판단된다.

(2) Type2 : □자형 배치

□자형 배치는 단지내부의 최대 공기령이 3.38~3.74이며 주 풍향에 크게 좌우됨없이 Case마다 환기효율 저하 부위가 비슷한 수준으로 관찰된다.

Case 1(남풍)에서는 정면에서 3번째 격자 공간부터 공기령 2.5 초과지역이 관찰된다. 아래 Case 2에서도 풍향 쪽으로부터 가장 먼 방향의 2~3열 격자 공간에서 공기령이 크게 증가하는 형태를 볼 수 있다. 그 규모는 단지 영역 전체의 규모와 비교하였을 때 대략 1/4 정도이다.

공기령만을 고려한다면 Type 1~4 가운데 □자형 배치구조가 가장 환기효율이 낮은 것으로 추정된다. 특히, 풍향에 관계없이 모든 Case에서 효율이 저조한 특성을 나타나고 있다.

(3) Type3 : 일자형 엇배치

일자형 주동을 엇배치할 경우는 평행 배치한 경우보다 공기령이 더욱 증가하는 것으로 분석되었다. 이것은 용적률을 고정시킨 상태에서 적절히 주동을 재배치 한 후 관찰된 현상이며 기존의 엇배치 구조에 대한 통념과 다르다는 점에서 의미있는 실험 결과라 하겠다. 특히 Case 1과 같이 주동과 직각방향으로 바람이 불어오는 경우에는 단지 후면부가 아닌 초입 1/3 지점부터 중심부, 후면 일대에 걸쳐 광범위한 영역에서 공기령이 2.5를 초과하여 크게 나타나고 있다(엇배치 구조의 Case 1 최대 공기령은 5.46임).

주동과 대각선 방향에서 바람이 불어오는 경우에도 최대 공기령이 3.36으로 나타나는 등 일자형 주동의 평행배치보다 옥외공간 환기효율 측면에서 불리한 것으로 나타났다.

주동과 평행하게 바람이 부는 경우에는 일자형 평행배치나 □자형 배치에 비해 주동 측면 사이공간 등의 공기령은 감소하는 것으로 나타났다.

(4) Type4 : ㄱ자형 배치

ㄱ자형 배치는 근래에 적용되고 있는 코어연결형 ㄱ자 주동 유형에 근접한 형태로 모사하기 위해 전후좌우 비대칭으로 모델링하여 8풍향의 분석을 실시하였다.

8풍향의 케이스 분석 결과, 공기령이 상대적으로 커서 환기 성능이 떨어질 것으로 예상되는 부위의 규모는 남풍-북서풍-북풍-동풍 등의 순서로 크게 나타났다. 최대공기령은 Case 1(S)에서 3.99로 분석되었다.

□자형 배치구조에서 나타나는 경향과 유사하게, 공기령은 풍향에 크게 좌우되지 않으며 크게 나타나는 부위가 많아 대체적으로 옥외공간의 환기효율은 저조한 구조로 판단된다.

4.3 PFR 및 풍압차 해석 결과

배치 유형 및 풍향별 PFR 분석을 통한 옥외공간의 환기 성능과 주택 전후면 풍압분포 고찰을 통한 풍압차 자연환기 성능

해석 결과를 다음과 같이 비교 정리하였다.

CFD 시뮬레이션을 이용하여 PFR을 해석한 결과는 다음과 같다. PFR 수치가 높을수록 단지 내 옥외공간의 환기효율도 높다. 또한 전후면 풍압차가 높을수록 실내공간의 자연환기 성능이 우수하다고 판단 가능하다.

(1) PFR해석 결과

본 연구를 위한 해석 도메인 내에서 주동 배치의 특성에 따른 풍향별 PFR 값은 최소 0.867에서 최대 3.253의 범위 내에 있는 것으로 분석되었다.

① 일자형 주동 평행 배치 (Type 1)

일자형 주동의 평행 배치구조는 Type 1 ~ Type 4 가운데 평균적으로 옥외공간의 환기효율이 가장 높은 배치 형태로 나타났다. 특히 주동과 평행으로 바람이 불어올 경우(PFR=3.253)와 45°로 불어오는 경우(PFR=2.508)에 있어서 기타 유형에 비해 탁월한 환기효율을 보이고 있다. 그러나, 주동의 정면이나 배면으로 바람이 불어오는 경우에는 다른 유형 대비 거의 최저에 가까운 환기효율(PFR=0.955)을 나타내었다. 따라서, 본 배치 유형은 옥외공간의 환기효율 또는 환기 성능 측면에서 풍향에 민감하다고 판단할 수 있다.

② □자형 배치 (Type 2)

□자(또는 격자)형 주동배치는 전체 Type 중에서 평균적으로도 가장 환기효율이 낮으며(PFR 평균 1.241) 본 논문의 해석 대상 8풍향 중 정면 또는 배면에서 불어오는 풍향을 제외한 모든 경우에 있어서 PFR 값이 가장 낮게 나타나 옥외공간의 환기·통풍 측면에서 가장 불리한 유형으로 판단된다.

반면, 정면으로 불어오는 풍환경 조건(Case 1 : 남풍)에서만큼은 다른 유형 대비 환기 효율이 가장 높은(PFR=1.283) 것으로 평가되었다.

풍향의 변동에 옥외공간 환기효율의 변화가 거의 없어 풍향에 대한 민감도가 전체 유형 중 가장 낮게 나타났다.

③ 일자형 엇배치 (Type 3)

일자형 주동을 엇배치한 경우는 주동을 평행으로 배치한 것에 비해 모든 풍향에 있어서 옥외공간 환기효율이 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 정면(또는 배면)으로 바람이 불어오는 경우에는 전체 32개 분석 대상 케이스 중 가장 환기효율이 낮게(PFR=0.867) 평가되었다. 따라서 동일한 용적률 조건 하에서라면 엇배치가 평행배치보다 옥외공간의 환기·통풍상 유리하다고 판단하기는 어렵다.

일자형 평행배치와 유사하게 옥외공간 환기효율은 풍향의 변화에 민감하게 반응한다.

④ ㄱ자형 주동 배치 (Type 4)

ㄱ자 유형은 두개의 주동면이 결합되는 형태에 따라 전면남향+후면동향(└), 전면남향+후면서향(└), 전면동(서)향+후면남

향(Γ, γ) 등이 존재하나 남향 선호 및 남향 차선으로 동향을 선호함에 따라 주로 전면남향+후면동향 유형이 적용되고 있다. 전면남향+후면동향인 Γ자 주동 배치 유형은 남서풍이나 북동풍이 주풍향인 경우 기류 움직임에 가장 유리한 형태가 되어 환기효율이 높아진다.

8풍향 중 Case 1(남풍)이 가장 불리하고, Case 3(남서풍)이 가장 유리한 것으로 나타났다. Γ자 유형의 Case 5(북풍)인 경우는 전체 4개 배치 유형의 Case 5 해석 결과 중 가장 환기효율이 높게 평가되었다.

본 배치 유형의 옥외공간 환기효율은 풍향의 변화에 민감하지 않은 것으로 나타났다.

(2) 옥외공간의 환기·통풍성능이 우수한 배치 유형

주동의 결합·배치구조가 상이한 4개 Type의 가상적 아파트 단지를 대상으로 PFR 특성에 의거한 옥외 환기·통풍성능을 비교 분석하고 표 4와 같은 성능 서열을 도출하였다.

표 4. 옥외공간의 환기·통풍성능이 우수한 배치 유형

구 분	← 성능우수	성능저조 →	PFR범위
남 풍 (Case 1)			0.867~1.283
남서풍 (Case 2)			1.200~2.508
서 풍 (Case 3)			1.283~3.253
북서풍 (Case 4)			1.200~2.508
북 풍 (Case 5)			0.867~1.421
북동풍 (Case 6)			1.200~2.508
동 풍 (Case 7)			1.283~3.253
남동풍 (Case 8)			1.200~2.508

남풍과 북풍이 부는 경우를 제외하면 아파트 단지 옥외공간의 통풍성능은 일자형 배치가 상대적으로 가장 우수하다고 판단할 수 있으며, 엇배치형, Γ자형 배치, □자형 배치의 순서로 유리하게 나타났다. 남풍과 북풍이 불 때에는 일자형 배치와 엇배치형 구조의 옥외 환기통풍 성능이 현저히 저하되어 전체 32개 해석 케이스에서 나타난 PFR 분석 결과 중 최저값을 보이고 있다.

한편, 아파트 배치 유형을 고정시키고 풍향을 변화시켜가며 비교 평가한 결과 옥외공간의 환기에 유리한 풍향은 다음과 같은 순서로 나타났다.

표 5. 옥외공간의 환기·통풍에 유리한 풍향 (배치유형별)

구 분	옥외공간 환기통풍 성능 서열
일자형배치 (Type1)	
□자형배치 (Type2)	
엇배치 (Type3)	
Γ자형배치 (Type4)	

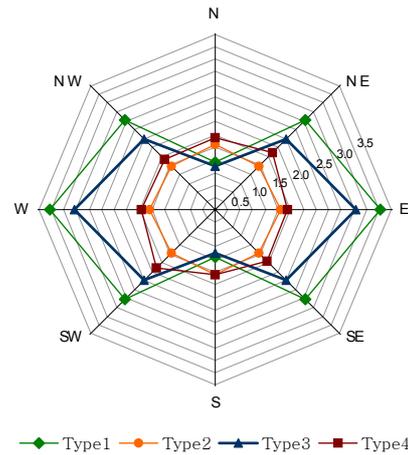


그림 3. 배치유형 및 풍향별 PFR 특성 그래프

(3) 실내공간의 풍압차 자연환기성능 분석

풍향과 풍속에 의해 풍압계수 및 풍압은 크게 변화한다. 건물 입면에 나타나는 풍향과 풍속은 단지의 배치 유형과 주풍향 방위에 영향을 받는다. 특히 아파트는 대부분 전면과 후면의 2면이 외기에 노출된 구조로 되어 있어 주택 전후면의 풍압차는 자연환기를 구동시키는 원동력이자 환기성능을 결정짓는 요인이 된다.

설정된 단지 및 풍향 조건에서 세대 전후면의 평균 풍압차는 최소 0.153 Pa에서 최대 6.222 Pa의 범위 내에 있는 것으로 분석되었다.

일자형 배치는 풍향이 주동과 평행하게 될 경우 풍압차를 이용한 환기성능이 비교 유형 중 가장 나쁘게 나타나지만 풍향 각과 주동배치각에 45°이상 차이가 발생하면 상대적으로 우수한 실내환기성능을 보인다.

□자형 배치는 주동과 대각선 방향에서 바람이 불어올 때 풍압차 환기성능이 높게 나타나지만 주동과 정면으로 바람이 불 때에는 풍압차 환기성능 평균이 급격히 하락한다.

엇배치형은 주동과 평행한 바람이 불어올 경우 풍압차에 의한 자연환기 성능이 매우 저조하게 나타나지만 기타 6개 풍향에서는 고른 풍압차 분포를 보이며 다른 유형에 비해 서열상 뒤지고 있더라도 성능상 큰 차이를 보이지 않는다. 따라서, 일반적인 경우에 무난한 적용이 가능한 배치 유형이라 판단된다.

ㄱ자형 배치구조는 주동이 결합되는 형태에 따라 실내환기 성능의 차이가 있겠으나 본 연구에서 사용한 보편적인 주동형태에서는 남서풍 및 북동풍이 불어 단지 내부에 풍도가 크게 형성될 경우 오히려 풍압차 자연환기성능은 감소되는 것으로 나타났다. 북서풍 조건(Case 4)에서는 ㄱ자형 형태로 인해 생성된 주동 내각의 공간으로 바람이 불어오면서 풍압차 평균이 가장 크게 나타나 ㄱ자형 결합 형태의 계획시 주풍향을 고려한다면 맞통풍 환기성능 향상에 큰 효과를 얻을 수 있으리라 예측된다.

이와 같이 실내 풍압차에 의한 맞통풍 성능은 같은 단지 배치라고 하더라도 주풍향에 의해서 크게 달라질 수 있으며, 같은 풍향에서도 가장 유리하거나 불리한 배치 형태가 존재하므로 실내 공기질을 고려한 아파트 주동 배치계획 시 이러한 성능 차이를 염두에 두어야 한다.

용적률과 주향을 250%와 정남향으로 일치시킨 가운데 4개 Type의 가상적 아파트 단지를 대상으로 실내 풍압차 자연환기성능을 분석한 결과, 다음과 같은 성능 서열이 나타났다.

표 6. 실내 풍압차 자연환기성능이 우수한 배치 유형

구분	← 성능우수	성능지조	→	풍압차평균(Pa)
남 풍(Case 1)	☰	☱	☳	1.833~3.171
남서풍(Case 2)	☱	☱	☳	2.370~3.568
서 풍(Case 3)	☱	☱	☳	0.153~2.930
북서풍(Case 4)	☱	☱	☳	3.198~6.222
북 풍(Case 5)	☰	☱	☳	1.833~3.171
북동풍(Case 6)	☰	☱	☳	3.166~3.568
동 풍(Case 7)	☱	☱	☳	0.153~2.197
남동풍(Case 8)	☱	☱	☳	3.198~3.946

그림 4.는 상이한 배치 유형과 풍향 조건에서 PFR 수치와 풍압차 평균값의 변화 양상을 나타낸다.

통계분석상으로는 PFR과 풍압차 평균이 서로 약한 음의 상관관계(2-tailed Sig.=0.013, Pearson correlation = -0.434)를 나타내고 있으며 주동의 주향과 예각 방향의 바람이 불 경우나 주동의 배치 형태가 복잡해질수록 상관관계가 줄어드는 경향을 보인다.

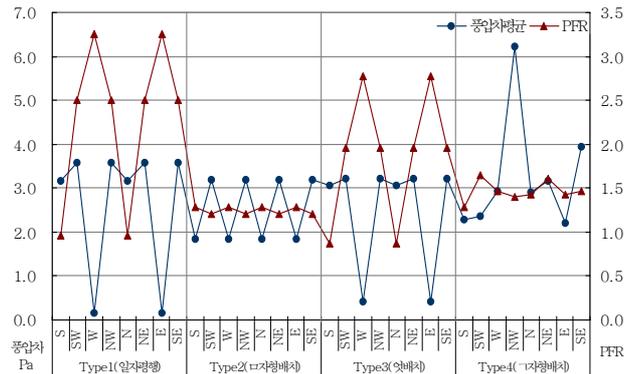


그림 4. 배치 유형 및 풍향별 PFR 및 풍압차 평균 비교

표 7. PFR 및 실내 풍압차 평균의 케이스별 비교

배치유형	해석 케이스 (풍향)	방위각	PFR	풍압차 평균(Pa)
Type1 일자형	Case1 남 풍 S	180	0.955	3.171
	Case2 남서풍 SW	225	2.508	3.568*
	Case3 서 풍 W	270	3.253*	0.153
	Case4 북서풍 NW	315	2.508	3.568*
	Case5 북 풍 N	0	0.955	3.171
	Case6 북동풍 NE	45	2.508	3.568*
	Case7 동 풍 E	90	3.253*	0.153
	Case8 남동풍 SE	135	2.508	3.568*
	평균			2.306
Type2 ㄷ자형	Case1 남 풍 S	180	1.283*	1.833
	Case2 남서풍 SW	225	1.200	3.198*
	Case3 서 풍 W	270	1.283*	1.833
	Case4 북서풍 NW	315	1.200	3.198*
	Case5 북 풍 N	0	1.283*	1.833
	Case6 북동풍 NE	45	1.200	3.198*
	Case7 동 풍 E	90	1.283*	1.833
	Case8 남동풍 SE	135	1.200	3.198*
	평균			1.241
Type3 ㄷ배치형	Case1 남 풍 S	180	0.867	3.066
	Case2 남서풍 SW	225	1.958	3.227*
	Case3 서 풍 W	270	2.772*	0.420
	Case4 북서풍 NW	315	1.958	3.227*
	Case5 북 풍 N	0	0.867	3.066
	Case6 북동풍 NE	45	1.958	3.227*
	Case7 동 풍 E	90	2.772*	0.420
	Case8 남동풍 SE	135	1.958	3.227*
	평균			1.889
Type4 ㄱ자형	Case1 남 풍 S	180	1.281	2.272
	Case2 남서풍 SW	225	1.646*	2.370
	Case3 서 풍 W	270	1.459	2.930
	Case4 북서풍 NW	315	1.406	6.222*
	Case5 북 풍 N	0	1.421	2.894
	Case6 북동풍 NE	45	1.612	3.166
	Case7 동 풍 E	90	1.428	2.197
	Case8 남동풍 SE	135	1.466	3.946
	평균			1.465

5. 결론

아파트의 실내 자연환기·통풍 성능은 건물 형태와 외피 및 내부구조의 특성에 크게 좌우되지만 보다 거시적인 관점에서 볼 때에 바람의 조건에 대응하고 있는 주동의 배치 특성에 의해 근본적인 성능 수준이 결정된다. 그리고, 단지 내 옥외공간의 환기·통풍 효율 또한 주동의 형태와 배치 특성에 따라 민감하게 변화하므로 아파트의 실내의 공기질 문제를 논하기 위해서는 이러한 주동의 배치계획 특성을 검토하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 아파트 주동 배치 유형과 주풍향에 따른 옥외공간의 기류 거동 및 주동 입면에 가해지는 풍압 특성을 고찰함으로써 배치 형태가 옥외공간과 각 세대의 자연환기 성능 즉, 공기질 제어 성능에 미치는 영향을 규명하였다.

분석용 모델링은 단순성과 반복성으로 인해 다소 현실적이지 못한 점이 있으나 본 연구의 취지에는 부합하여 기류, 풍압 등에 관한 각 배치 구조의 요소 특성을 주동 열별로 해석하기에 용이하였다.

상이한 배치 유형과 풍향 조건에서 PFR과 풍압차 평균은 서로 약한 음의 상관관계를 나타내고 있었으며 주동의 주향과 예각 방향의 바람이 불 경우나 주동의 배치 형태가 복잡해질수록 상관관계가 줄어드는 경향을 보였다.

CFD 해석을 통해 산정된 배치 유형별, 풍향별 PFR 수치와 풍압차 평균을 근거로 하여 각 풍향별로 실내의 환기·통풍에 유리한 배치 구조를 예측하고 이와 동시에 각 배치 유형별로 가장 유리하다고 판단되는 풍향을 도출하였다.

본 연구에서 사용한 두 가지 방법론은 아파트, 특히 고층아파트의 주동 배치 유형과 주풍향에 따른 실내의 자연환기성능 및 공기오염물질의 거동에 대한 종합적 비교 고찰을 가능케 하며, 아파트 주동의 배치 계획 시 실내의 공간에서의 쾌적한 풍환경과 공기질 향상을 추구하기 위한 대안 수립의 도구로써 사용 가능하리라 판단된다.

참고문헌

1. 이경희, 「건축환경계획」, 문운당, 1998
2. Lars Davison, Erik Olsson, 「Calculation of Age and Local Purging Flow Rate in Rooms」, Building and Environment, Vol 22, No2, pp111-127, 1987
3. 윤재욱, 이경희, 「아파트 주동의 자연통풍에 관한 모형실험연구」, 1986
4. 윤재욱, 이경희, 「풍동실험을 이용한 고층아파트의 환기량 산정에 관한 연구」, 1990
5. 윤재욱, 이경희, 「고층아파트 단지의 기류형태에 관한 모형실험연구」, 1986

6. 문연준 외 2, 「건물의 형태에 따른 풍압계수 변화에 관한 실험적 연구」, 1991
7. 정재국, 「고층아파트 저층부의 바람흐름에 관한 통계적 연구」, 1992
8. 이정일, 조균형, 「자연통풍 활용을 위한 공동주택 배치형태에 따른 풍속분포에 관한 연구」, 2000
9. 장현재, 「개구부의 풍압조건에 관한 풍동실험결과와 CFD경계조건으로서의 활용방안」, 2002
10. 이윤규, 「공기유동 해석에 의한 공동주택 환기성능 예측모델에 관한 연구」, 연세대학교 박사학위논문, 1997. 12.
11. 이재준, 「공동주택 주거환경의 어메니티 평가와 계획적 함의에 관한 연구」, 서울대학교 박사학위논문, 1997
12. 加藤, 大岡 外, 「室内化学物質空氣汚染性状の解明」, 東京大學生産技術研究所, 加藤・大岡研究室, 2002.6
13. 加藤, 大岡 外, 「サステナブルな都市空間の形成」, 東京大學生産技術研究所, 加藤・大岡研究室, 2001.6