

공동주택단지배치의 간극비와 바람장의 상관관계에 관한 연구

A Study on Correlations of the Gap Ratio of Apartment Houses Arrangement and the Wind Field

문 출 성* 오 세 규** 조 성 우***
Moon, Chul-Seong Oh, Se-Gyu Cho, Sung-Woo

Abstract

In Korea, the ratio of population in urban areas used to be only 50.1% in 1970, but with the value risen to 90.8% in 2009, urbanization is going on rapidly. Urbanization, which occurs by the rampantly planted buildings, has become major source of raising building density, changing wind direction and reducing wind amount, and such reductions are affecting even inside the building.

In each year, among the total energy consumption in Korea, residential portion takes up significant ratio, and specifically the ratio of apartment house is shown to be highest. In order to solve such problem, many studies are being conducted for the improvement of natural ventilation performance. The natural ventilation performance of apartment house are significantly determined by the characteristics of external and internal structure, but in macroscopic perspective, the performance is established fundamentally by the layout characteristics of the main building of the apartment house in preparation for wind conditions. So far researches on raising the thermal comfort through elevation of ventilation performance have been conducted actively, but many of them propose only theoretical concepts deduced through wind path analysis, and do not include any indicator to measure ventilation performance simply only with area data from layout planning stage. Therefore, in this study, gap ratio a wind field measuring indicator was developed, and after the ventilation characteristics by layout types and main building uniformity were identified, the scope of gap ratio efficient for ventilation and that of uniformity were clarified, followed by verification through simulation.

키워드 : 공동주택단지 배치, 간극비, 바람장, 상관관계, 건폐율

Keywords : Apartment Housing Arrangement, Gap Ratio, Wind Field, Correlation, Building Coverage

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라의 도시지역 인구비율은 1970년 50.1%에 불과했으나, 2009년 90.8%로 도시화가 급속히 진전된 것으로 나타났다.¹⁾ 도시화는 건축밀도를 높이고, 무질서하게 배치된 건축물은 바람의 방향을 바꾸고 풍량을 저감시키는 주요 원인이 되고 있다. 이러한 풍량의 저감은 도시 열섬은 물론 건물 내부에까지도 영향을 미치고 있다.

한 해 우리나라 총에너지 소비의 19.6%²⁾를 주거 관련 부분에서 차지하고 있고, 이중 공동주택의 비중은 66.2%로 공동주택이 환경부하에 미치는 영향이 큰 비중을 차지한다.³⁾

이러한 문제를 해결하기 위하여 공동주택의 자연환기 및 통풍 성능의 개선에 대하여 많은 연구를 하고 있다. 공동주택의 자연환기·통풍 성능은 건물 형태와 외피 및 내부구조의 특성에 크게 좌우되지만 거시적인 관점에서 볼 때 바람의 조건에 대응한 공동주택 주동의 배치 특성에 의해 근본적인 성능 수준이 결정된다. 그동안 통풍성능을 높여 열쾌적감을 높이려고 하는 연구는 활발히 진행되어 왔으나 많은 연구들은 바람통로 분석에 따른 원론적인 부분에 대해 제시하고 있으며, 배치계획 단계에서부터 면적개요⁴⁾만으로 간

* 전남대학교 일반대학원 건축공학과 박사과정 (wsuns@naver.com)
** 교신저자, 전남대학교 건축학부 정교수 (sung619@nate.com)
*** 미래환경도시정책연구소 대표, 공학박사(sung619@nate.com)
이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국환경재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-521-D00496)
1) 국토해양부, 2010년도 국토 연차보고서, 2010

2) 에너지연구원, 지역에너지통계연보, 2010
3) 주택총조사(1990,1995,2000,2005), KOSIS 국가통계포털
4) 면적개요란 공간점유율을 가능하는 요소로 대지면적, 건축면적, 연면적, 건폐율, 용적률을 일컫는다.

편하게 통풍성능을 측정할 수 있는 지표는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 바람장 측정 지표인 간극비를 창안하고, 이를 바탕으로 배치유형 및 주동균일도에 따른 통풍특성을 파악하여 통풍에 효율적인 간극비와 균일도 값을 규명하고 이를 시뮬레이션으로 증명하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구의 진행 방법은 다음과 같다.

- 1) 선행연구 및 문헌조사를 통하여 공동주택단지 배치 특성에 따른 바람장의 특성에 대한 이론 고찰과 함께 통풍성능을 가능할 수 있는 이론을 정립한다.
- 2) 이론 정립한 내용을 기반으로 하여 공동주택단지 배치에 따른 간극비의 이론을 창안하고 이를 바탕으로 간극비의 개념과 산출식 등을 정리한다.
- 3) 산출된 식을 통하여 사례 단지의 간극비를 산출하여 보고, 그 수치를 유형화 하며, 이를 시뮬레이션 프로그램으로 평가하여 산출식에서 나온 수치와 단지의 개요 등과의 관계를 분석토록 한다.
- 4) 분석된 내용을 토대로 하여 공동주택단지배치의 간극비와 바람장의 관계를 분석하고 이를 공동주택계획과 계획 후 단지의 바람장의 평가에 도입할 수 있는 방안을 검토한다.

본 연구의 범위는 국내 공동주택의 사례를 대상으로 하며, 이를 일정한 기준에 의하여 선별하고 분석하여 결과를 도출하도록 한다.

2. 바람장과 공동주택

2.1 바람장(Wind Field)

도시가 나타나기 전의 자연은 숲, 들판, 하천, 산이 다채롭게 공존하는 공간으로 태양에너지의 복사와 지면을 피복하는 물질의 물리적 특성에 따라 인접한 공기의 온도차가 유발되어 바람이 생성되었다. 생성된 바람은 지표면 위를 물 흐르듯 매우 낮은 밀도로 이동하였으며 숲이나 산에 의해 막히기도 하고, 산 사면을 타고 흘러 내려가기도 하며, 계곡을 따라 이동하기도 하였다. 이것이 가장 자연스러운 공기의 흐름, 즉 기류(air flow)이다. 그러나 도시의 바람은 이와 다르다.

도시의 바람은 미기후 조절 작용과 함께 대기환경 개선에 매우 중요한 요소로 작용한다. 그 이유는 도시에 위치한 다양한 대기오염원으로부터 방출되는 대기오염물질이 바람에 의해 희석되고 외부지역으로 운반이 이루어지기 때문이다. 또한 도심지에서는 건축물의 높이가 다양하게 변화되거나 고층건물이 조밀하게 배치되어 있어 돌풍이나 강풍에 의한 불쾌지역(uncomfort zone)이 형성되기도 한다.

도시 바람의 특성은 지표면과 인접한 접지경계층에서의 특성, 접지층에서 도시구조물에 의한 풍속의 변화, 도시경계층에서의 바람장 등으로 볼 수 있다. 도시와 같이 밀집된 지역에서 지표면과 가까운 공간에서의 바람은 많은 요소들

에 의해 변화된다. 주요요인으로는 건축구조물에 의한 표면 마찰력 증가, 건물과 건물 또는 건물군 사이에 방해층(distrurbance layer) 형성, 인위적으로 발생된 열에너지가 변화된 형태로 대기 중으로 방출, 건축물의 열축적, 건축물에서 나오는 태양복사 방출량 등이다. 도시지표의 표면 특성이 거칠수록 난류의 강도가 높아지며, 특히 고층 건물군이 있는 지역은 난류와 바람장(wind field)에 큰 영향을 미치게 된다.⁵⁾

따라서 바람장이란 어떤 바람이 특정시간의 일정한 공간에 있는 풍향, 풍속, 온도, 습도를 포함한다. 해양 과학용어에서 바람장은 어떤 바람이 일정한 공간 영역에 걸쳐 그 공간 내의 위치의 함수로서 주어지는 분포 상태로 정의하고 있다. 바람장은 바람, 바람길, 바람의 특성을 포함한 것으로 본 연구에서는 공동주택단지에서 나타나는 풍속, 온도, 습도 등을 통틀어서 바람장으로 보고 이를 간극비와 연계하여 보기로 하겠다.

2.2 공동주택에서 나타나는 바람장

기류형태는 건축물의 높이와 거리 비율 또는 건축물의 너비와 높이의 비율을 통해 지수화가 가능하다. 또한 개별 건축물은 도시 캐노피층에서 바람의 흐름(기류)을 방해하는데, Plate(1982)는 개별 건물에 의한 기류변화를 (그림1)과 같이 도식화 하였다. 또한 사각형 구조의 건물에 각각 0°와 45° 방향에서 바람이 유입될 때를 살펴보면 다양한 변화가 나타난다. 풍하(風下)지역에서는 고기압이 형성되고 지붕 상층부와 풍상(風上)지역 및 건물 측면에서는 저기압이 나타난다. 입방체의 건물에 바람이 정면으로 유입될 경우, 연직 방향으로 건물 높이의 1.5배, 수평방향으로 건물높이의 2.5배~3.0배의 거리까지 소용돌이와 와류현상이 발생한다. 바람이 유입되는 방향에 넓고 높은 건물이 수직적으로 배치될 경우, 기류의 형상은 증가하며, 수평방향으로 건물높이의 12배의 거리까지 영향을 미칠 수 있다. 이러한 바람장이 공동주택에서도 다양하게 나타날 수 있다. 개별 건물 옆으로 다른 구조물이 위치할 경우, 소용돌이가 변화되거나 소멸될 수도 있다. 또한 고층 아파트가 밀집된 주택단지에서는 바람이 건물 위로 부는 오버플로우(overflow) 현상이 나타나는데, 좁은 도로나 단지 내 막다른 길, 불룩형의 건물 배치가 있는 지역에서 주로 나타난다. 또한 고층 아파트는 바람의 수직적 흐름에 큰 영향을 미친다. 지표면과 가까운 단지 경계층까지 수직적 바람이 발생하며, 풍속이 증가하고 난류현상이 강화된다. 난류는 몇 가지 형태로 나타나지만, 가장 많이 나타나는 난류는 열적 난류라고 할 수 있다. 열적 난류는 열수지 변화에 의해 영향을 받는다. 도시지역에서는 열수지 변화의 주요인은 열함유력이 높은 건물과 아스팔트가 복사열을 저장했다가 방출(emitted radiation)하는 것으로서 이로 인해 열적 난류가 증가하게 된다. 특히 공동주택단지에서 흔히 볼 수 있는 것이다. 따라서 공동주택의 자연환기와 통풍문제를 원천적으로 해결하기 위해서 공동주택단지에서 바람장을 잘 활용할 수 있도록 계획을 하여야 하며,

5) 송영배, 건강도시를 위한 기후환경계획 바람통로 계획과 설계 방법, 그린도마토, 2007, pp. 68~P77 내용 재정리

이를 간극비와 함께 바람장의 영향을 판단하고 평가할 수 있는 지침이 마련되어야 할 것이다.⁶⁾

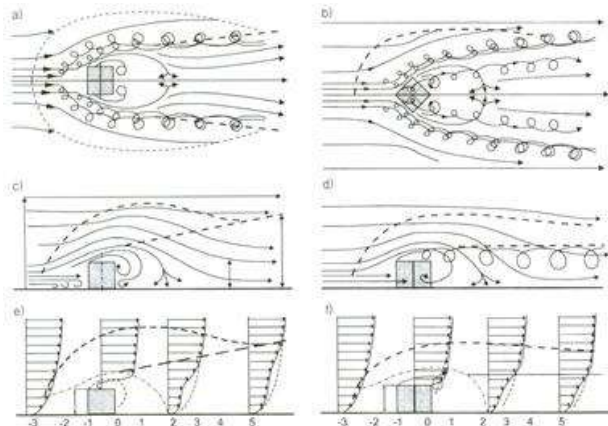


그림1. 건물에 따른 기류의 방향

3. 간극비와 주동균일도

간극비와 주동 균일도에 관한 연구의 발상은 화분의 물 빠짐에서 착안을 하였다. 진흙, 모래 자갈의 물빠짐에 관련된 공극률과 투수율에서 착안을 하였다. 공극이란 토양 입자들 사이에는 모양과 크기가 다른 틈이 존재하는데 이를 공극이라고 한다. 토양의 공극은 공기 또는 액체로 채워져 있는데, 특히 액체의 통로로 중요한 구실을 하고 있으며 식물의 뿌리나 토양 중에서 사는 생물의 서식 공간으로도 직접 간접으로 이용되고 있다. 흔히 입자가 크면 입자에 비해 공극의 크기가 커서 물이 잘 빠진다고 생각하기 쉽다. 하지만 입자의 크기가 고르면 공극의 전체 비율은 일정하다. 다음 (그림2)에서 공극의 전체 면적을 계산해 보면 47.7%로 일정하다.

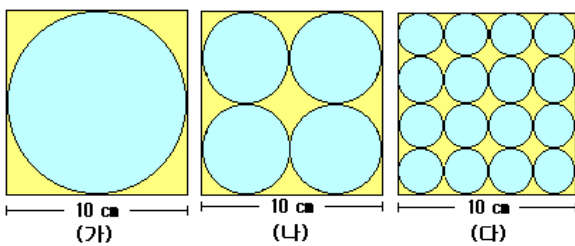


그림 2. 일정한 입자 크기의 공극률 47.7%

그러나 입자의 크기에 따라 공극률이 일정하더라도 투수율은 달라진다. 입자가 작으면 공극 하나 하나 면적이 작기 때문에 물이 잘 통과하지 못 한다. 따라서 입자의 크기가 일정한 자갈과 진흙의 경우 공극률은 같지만 자갈은 물이 잘 통과하고 진흙은 물이 잘 통과하지 못 한다. 이러한 원리를 주택단지의 간극비와 주동균일도라는 용어로 정리하여 단지내의 바람장을 분석하고자 한다.

6) 송영배, 건강도시를 위한 기후환경계획 바람통로 계획과 설계 방법, 그린토마토, 2007, pp. 68~P77 내용 재정리

3.1 간극비

건축공간을 한정해서 보면 건축물과 공기로 채워져 있다. 간극비는 주거동의 지반과 스카이라인(skyline)의 범위에서 건축용적을 제외한 공기로 채워진 부분(간극용적)을 대지면적으로 나눈 비율이다. 이것을 식으로 정리하면 전체용적을 T_c , 건축용적을 B_c 로 표시할 때 $G_r = (T_c - B_c) / A$ 의 식이 성립한다. 간극비를 계산하면 단위는 m가 되나 이를 생략하기로 한다. 공동주택단지의 통풍성능은 단지계획차원에서는 주풍향에 대한 건축물의 배치형태, 높이, 건물간의 이격거리와 주동차원에서는 필로티 도입유무 등에 따라 주거단지 내 공기의 흐름에 많은 영향을 준다. 공동주택단지에서 동일 연면적이라도 바닥면적과 높이의 변화에 따라 간극용적은 다르다. (그림 3)과 같이 건축면적을 줄이고 층수를 늘리면 같은 연면적이라도 간극비가 증가하는데 이는 바람장의 양을 증가시켜 통풍성능이 좋아진다.

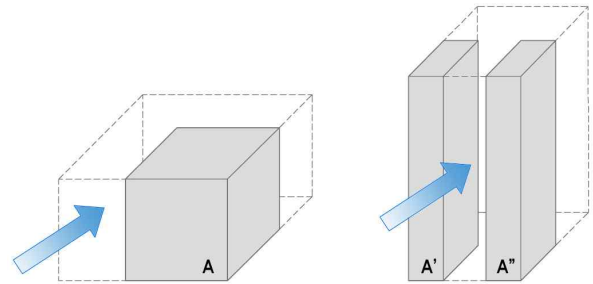


그림 3. 높이 증가에 따른 공간의 변화

간극비 산출에 필요한 요소는 대지면적, 건축면적, 층고, 층수다. 또한, 건폐율, 용적률로도 간극비 산출이 가능하다. 산출식에 필요한 약어는 아래와 같이하고 건축면적, 건폐율, 용적률에 따른 간극비 산출식을 개발한다. 동일 연면적 일 때 동 수를 달리 하더라도 간극비는 같다.

• 전체용적 : Total capacity	→ T_c
• 건축용적 : Building capacity	→ B_c
• 대지면적 : Area	→ A
• 용 적 률 : Floor area ratio	→ F_r
• 건 폐 율 : Building coverage ratio	→ B_r
• 간 극 비 : Gap Ratio	→ G_r
용적률 G_{rf} , 건폐율 G_{rb}	
• 층 개 수 : Number of layer	→ N_u
• 바닥면적 : Floor space	→ f_s
• 층 고 : High	→ h
한 개 층의 높이를 2.8m로 함	

위의 용어들과 건폐율을 중심으로 한 간극비 산출식의 기본 형태는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{간극비}(m) &= \frac{\text{간극용적}}{\text{대지면적}}, G_r(m) = \frac{T_c - B_c}{A} \\ &= \frac{\text{전체용적} - \text{건축용적}}{\text{대지면적}}, \end{aligned}$$

$$G_r(m) = \frac{(a \cdot N_u \cdot h) - (f_s \cdot N_u \cdot h)}{A}$$

- 전체용적 (m^3) = $A \cdot N_u \cdot h$
- 건축용적 (m^3) = $f_s \cdot N_u \cdot h$

따라서 이러한 간극비 기본 산출식을 바탕으로 건폐율에 따른 간극비 산출식을 정리하게 되면 아래와 같다.
간극비 산출식

$$G_r(m) = \frac{(A \cdot N_u \cdot h) - (f_s \cdot N_u \cdot h)}{A}$$

건폐율을 이용해 바닥면적(f_s)을 구하는 식

$$f_s = \frac{B_r \cdot A}{100}$$

바닥면적에 건폐율 산출식 삽입

$$G_{rb}(m) = \frac{(A \cdot N_u \cdot h) - (\frac{B_r \cdot A}{100} \cdot N_u \cdot h)}{A}$$

건축용적을 정리

$$G_{rb}(m) = \frac{(A \cdot N_u \cdot h) - (\frac{B_r \cdot A \cdot N_u \cdot h}{100})}{A}$$

$$G_{rb}(m) = \frac{(A \cdot N_u \cdot h) - (B_r \cdot A \cdot N_u \cdot 0.01h)}{A}$$

A를 약분

$$G_{rb}(m) = (N_u \cdot h) - (B_r \cdot N_u \cdot 0.01h)$$

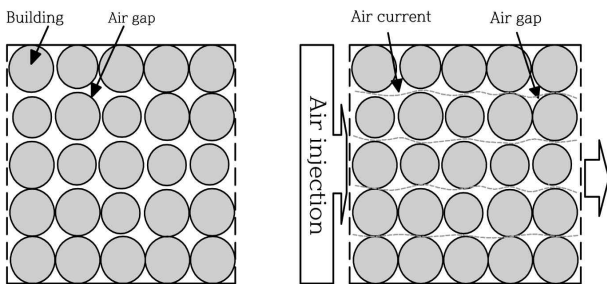
$$G_{rb}(m) = N_u \cdot h - 0.01B_r \cdot N_u \cdot h$$

m을 생략하면 아래와 같이 건폐율을 가지고 간극비를 구하는 산출식이 나타나게 된다.

$$G_{rb} = N_u \cdot h - 0.01B_r \cdot N_u \cdot h$$

3.2 주동균일도

주동균일도란 주동의 균일한 정도를 수치로 표현한 것을 말한다. 이에 대한 개념은 (그림4)와 같다.



주동과 공기의 포화상태 연결된 공간을 통한 공기유동
그림 4. 주동간극에 따른 공기유동

단지 내 여러 개의 주동이 있을 때 주동체적을 균일체적으로 나누어 비율을 산정하고 이를 합산하여 산정한다.

여기서 균일체적은 단지 내 가장 큰 주동체적에 전체주동수를 곱한 체적으로 이것을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

주동균일도

$$= (\frac{\text{주동체적}_1}{\text{최대주동체적} \times \text{전체주동수}} \times 100) + (\frac{\text{주동체적}_2}{\text{최대주동체적} \times \text{전체주동수}} \times 100) + \dots N$$

이 식을 $\sum_{i=1}^N ai = a_1 + a_2 + a_3 + \dots N$ 형식으로 정리하면

$$U_{bw} = (\frac{B_{u1}}{T_{bw} \times A_{bq}} \times 100) + (\frac{B_{u2}}{T_{bw} \times A_{bq}} \times 100) + \dots N$$

이를 요약하면

$$U_{bw} = \frac{100B_{u1}}{T_{bw} \cdot A_{bq}} + \frac{100B_{u2}}{T_{bw} \cdot A_{bq}} + \dots N$$

- 주동체적 : Building volume → B_v
- 최대주동체적 : The biggest building volume → T_{bw}
- 주동균일도 : Uniformity building volume → U_{bu}
- 전체주동수 : All building quantity → A_{bq}
- $\sum_{i=1}^N ai$: i 가 1일 때부터 N 일때까지 ai 를 더한다.

균일도의 특징은 균일정도를 가장 큰 동을 기준으로 한 것으로 가장 작은 동과의 차이가 크면 클수록 또, 작은 동의 분포가 많을수록 균일도는 낮아지고 가장 큰 동과 크기가 유사할수록, 분포가 많을수록 균일도는 높아진다. 이를 시뮬레이션을 통하여 간극비와 주동균일도 등과 비교하여 분석하고자 한다.

4. 사례 및 시뮬레이션 프로그램 선정

4.1 사례선정

사례선정은 국내에서 최근 5년간 한국주택협회에서 공급계획을 발표한 총 122개의 사례 중에서 단지현황을 파악할 수 있고, 배치도가 있으며, 40세대 이상의 단지 47개를 선정하였다. 이들을 세대수, 대지면적, 건축면적, 연면적, 건폐율, 용적률, 주동균일도, 간극비, 평균층수, 주동형태, 배치형태, 대지형태 등의 특성을 분석하였다.

이들 47개의 사례를 표로 정리하면 <표1>과 같다.

47개의 사례를 살펴보면, 간극비가 30~85로 다양하게 나타나고 있다. 간극비의 범위를 10단위로 끊어서 보게 되면, 30대에 들어오는 사례가 17개, 40대에 들어오는 사례가 12개, 50대에 들어오는 사례가 8개, 60대에 들어오는 사례가 2개, 70대에 들어오는 사례가 5개, 80대에 들어오는 사례가 2개로 나타났다.

이들 47개의 사례를 보게 되면, 30대는 평균 층수가 14층에서 18층사이를 보이고 있으며, 40대는 17층에서 20층사이를 보이고 있고, 50대는 20층에서 24층, 60대는 28층, 70대에서는 29층이상의 평균층수를 보이고 있음을 알 수 있다.

따라서 이들 47개의 사례 중에서 시뮬레이션을 위한 사례는 세대수가 비슷한 단지과 간극비 수치에 따라 30대, 40대, 50대, 70대, 80대를 보이는 대표 단지 1개씩을 선별하여 총 5개의 단지를 선별하였고, <표2>에 5가지 단지의 세대수, 평균층수, 간극비 등을 정리하였다. 본 연구에서는 이 5개의

표 1. 사례별 간극비와 간극비 산출 데이터를 위한 자료 정리

번호	단지명	세대수	대지면적 (㎡)	건축면적 (㎡)	연면적 (㎡)	건폐율 (%)	용적률 (%)	간극비	주동균일도	평균층수	주동형태	배치형태
1	진전읍 B 단지	873	72,036	19,450	133,013	27	135	14	95	7	복합형	평행형
2	비하동 L 단지	540	38,667	9,119	75,787	23.6	196	30	65	14.2	복합형	평행형
3	불광동 B 단지	782	35,104	77,229	118,970	26.1	220	30	67	14.5	복합형	평행형
4	양평읍 B 단지	487	28,126	6,553	84,974	23.3	223	33	86	15.2	U자형	평행형
5	별내면 K 단지	679	51,832	7,761	100,036	14	193	34	71	14.1	복합형	위요형
6	신평면 L 단지	593	30,806	6,612	92,969	21.4	234	34	69	15.6	복합형	격자형
7	결포동 O 단지	1,636	111,909	21,822	359,212	19.5	220	35	59	15.6	복합형	위요형
8	삼향면 G 단지	488	32,692	5,109	70,883	15.6	179	37	74	15.7	복합형	말굽형
9	성환읍 E 단지	571	28,015	5,798	68,356	20.7	244	37	89	16.8	U자형	평행형
10	사천동 H 단지	811	55,483	9,998	153,236	18	213	37	67	16.2	U자형	평행형
11	이목동 S 단지	927	51,527	9,926	109,753	19.3	213	37	66	16.3	복합형	평행형
12	당진읍 P 단지	898	47,147	10,325	152,756	21.9	228	38	80	17.3	복합형	격자형
13	삼향면 B 단지	610	48,502	7,081	86,334	14.6	178	38	73	16.1	복합형	평행형
14	탄벌동 G 단지	435	28,401	5,421	78,707	19.1	204	39	71	17.4	복합형	위요형
15	탄벌동 G 단지	450	28,159	5,571	91,490	19.7	243	39	55	17.3	복합형	위요형
16	공덕동 L 단지	794	31,507	7,814	115,922	24.8	234	39	83	18.5	복합형	산재형
17	목동 D 단지	693	31,459	7,456	104,843	23.7	249	39	50	18.2	복합형	평행형
18	언남동 G 단지	533	33,640	5,574	89,597	16.5	193	39	65	16.7	U자형	평행형
19	가재울 E 단지	3,293	156,987	31,397	364,210	20	232	40	10	18	복합형	산재형
20	장전동 B 단지	1,335	79,860	14,375	294,649	18	254	40	44	17.4	복합형	위요형
21	용이동 P 단지	931	61,837	10,512	164,630	17	199	41	70	17.6	U자형	위요형
22	장기동 S 단지	1,474	82,228	14,667	229,609	17.8	199	42	88	18.2	복합형	평행형
23	별내면 I 단지	753	58,991	8,849	150,988	15	180	42	57	17.5	복합형	평행형
24	공도읍 B 단지	1,378	90,092	14,325	238,595	15.9	199	43	29	18.1	복합형	평행형
25	성북동 H 단지	645	53,768	7,958	107,536	14	200	43	71	17.9	일자형	평행형
26	운정지구 S 단지	724	46,676	7,421	127,580	15.9	193	45	64	19.1	복합형	말굽형
27	미아동 L 단지	1,330	69,426	10,553	193,216	15.2	239	45	36	19	복합형	격자형
28	성사동 L 단지	1,651	77,750	15,268	206,815	19.6	266	46	65	20.6	복합형	격자형
29	중암동 L 단지	1,161	59,688	10,326	165,226	17.3	249	47	67	20.3	복합형	위요형
30	고아읍 G 단지	600	33,694	4,851	98,568	14	236	48	63	20	일자형	위요형
31	옥계동 E 단지	793	38,510	6,546	136,338	17	259	50	52	21.4	복합형	위요형
32	교하읍 B 단지	1,145	72,033	10,986	143,252	15	198	50	77	20.8	복합형	평행형
33	중암동 L 단지	1,025	54,895	9,058	146,052	16.5	222	50	71	21.4	U자형	평행형
34	두정동 I 단지	935	46,716	8,222	143,834	17.6	248	51	83	22.3	U자형	평행형
35	부개동 P 단지	1,054	56,900	9,942	212,279	17.4	249	51	42	22	U자형	평행형
36	양춘면 L 단지	579	35,259	5,575	110,525	15.8	219	53	81	22.3	U자형	평행형
37	봉덕동 L 단지	471	27,212	4,191	109,602	15.4	278	53	65	22.4	L자형	평행형
38	역삼동 L 단지	464	20,804	2,975	77,893	14.3	266	59	59	24.4	복합형	산재형
39	산본동 L 단지	2,644	128,359	20,152	502,614	15.7	269	68	24	28.7	복합형	격자형
40	삼산동 S 단지	454	23,936	3,089	82,926	12.9	219	69	98	28.4	타워형	평행형
41	교하읍 K 단지	2,190	127,766	17,632	265,753	13.8	208	70	81	29.2	L자형	평행형
42	청라 B 단지	754	49,894	6,237	154,972	12.5	219	71	92	29	타워형	격자형
43	화명동 L 단지	5,239	268,091	34,852	1,045,953	13	281	74	57	30.5	복합형	평행형
44	운서동 L 단지	1,680	68,203	7,434	203,846	10.9	201	79	79	31.7	U자형	평행형
45	정자동 S단지	3,498	184,421	23,292	595,209	12.6	228	79	37	32.4	복합형	격자형
46	운서동 L 단지	1,287	65,758	7,365	201,954	11.2	220	80	80	32.2	U자형	평행형
47	용현동 S 단지	820	20,902	3,883	158,200	18.6	499	85	67	37.3	타워형	산재형

표 2. 시뮬레이션을 위한 5개 단지 조감도 및 개요

불광동 B 단지	별내면 I 단지	옥계동 E 단지	청라 B 단지	용현동 S 단지
				
세대수 : 782세대	세대수 : 753세대	세대수 : 793세대	세대수 : 754세대	세대수 : 820세대
평균층수 : 14.5층	평균층수 : 17.5층	평균층수 : 21.4층	평균층수 : 29층	평균층수 : 37.3층
간극비 : 30	간극비 : 42	간극비 : 50	간극비 : 71	간극비 : 85

단지를 시뮬레이션 평가를 통하여 바람장의 적정한 간극비의 범위를 찾아보고자 한다.

4.2 시뮬레이션 프로그램의 선정기

시뮬레이션은 CFD(Computational Fluid Dynamics, 전산 유체학) 시뮬레이션은 공간 내에서의 유체의 거동을 분석하고 예측하는데 사용되어진다. CFD 해석은 해석하고자 하는 공간을 미세한 격자로 분할하여 각 격자에서의 유체의 물리적 거동이 인접격자에 미치는 영향을 수치적인 알고리즘을 활용하여 반복 계산함으로써 공간 전체의 물리적 거동을 하나의 특정 해로 수렴시키는 방식의 해석법이다. 따라서 대상모델의 형상에 따른 CFD 해석은 내부공간의 격자형성 및 유체의 유동에 적절히 대응할 수 있는 격자의 적절한 배열이 결과치의 정확도에 영향을 미치는 가장 중요한 변수가 될 수 있다. 즉, 현재까지 사용되는 상용 프로그램을 이용하여 공간 내에서의 유체유동을 해석하는데 있어서는, 복잡한 형상에서의 불규칙적인 격자 형성이나 격자의 크기, 형태, 간격 등의 입력이 결과의 정확도에 제한적인 요소로써 작용할 수 있게 된다.

한편 CFD 해석방법은 실험이 어려운 대공간 등을 대상으로 하는 경우가 많기 때문에 해석 결과에 대한 실험적 검증이 어려운 특징이 있다.

CFD 해석용 프로그램은 다양한 형태로 출시되어 그 목적과 응용분야에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ① 범용 프로그램 : Fluent, CFX, Star-CD
- ② 특수 응용 분야 프로그램 : Airpark, Icepak, Flovent, Polyflow, FDS
- ③ CAD 기반 프로그램 : Flowizard, CFXDesign, Floworks

잘 알려진 범용프로그램들은 상당한 기간 동안 책임 있게 개발되어 왔고 검증되어 왔기 때문에 신뢰성을 확보할 수 있다. 또한 방대한 물리적 모델, 수치적 모델 및 격자생성 기술을 보유하고 있기 때문에 그 응용범위가 상당히 크다고 할 수 있다. 해석분야별로 특화된 프로그램은 신뢰성 있는 Solver에 각 적용분야에 맞는 전문적 모델을 포함하고 있어 전문적인 결과를 도출하는데 적합하다. 최근에는 CAD 기반 프로그램 등 많은 프로그램 등이 개발이 되어 이를 사용할 수 있지만, 건축과 같은 다양한 복합체를 하기에는 크게 장점이 없다. 왜냐하면 CAD 기반은 복잡한 모델링을 통한 값을 얻고자 할 때 필요한 것이기 때문이다.

현재 본 연구에서 쓰고 있는 Flovent는 특수 응용분야 프로그램으로 건축분야에 특화된 프로그램이다. 이 프로그램은 Flomerics Inc 사에서 개발한 것으로 쾌적성, 온도, 열량, 공기의 머무는 정도를 알 수 있는 LAQI(Local Air Quality Index) 등의 값을 추출할 수 있다. 또한 외기의 환기도 태양열 복사 등의 값과 태양고도, 온도 등 실제의 값을 적용한다.

7) 조성우, 환경부하 저감을 위한 기후순응 주거계획에 관한 연구, 전남대학교 박사학위 논문, 2009, pp. 51~55 내용 재정리

5. 시뮬레이션 평가 및 분석

5.1 시뮬레이션 조건

시뮬레이션의 프로그램은 Flovent를 활용하여 비교 평가하였다. 시뮬레이션의 계절은 여름을 기준으로 하지의 경우로 선정하였다. 시뮬레이션을 하는 시각은 낮 12시로 설정을 하였으며, 그동안의 자료의 평균치를 통하여 태양고도, Solar Intensity를 설정하였다. 그 외의 바람 풍속이나 온도 등은 시뮬레이션 상에서 위도와 경도, 태양 고도 등을 설정하면 자동으로 셋팅이 된다. 또한 단지의 모델링의 경우에는 실제 단지의 규모대로 모델링을 하였으며, 초기조건은 시뮬레이션의 조건과 같이 하였고, 높이에 따른 풍속은 도시 바람장의 기존 연구에 따라 풍속을 증가시켰다.

표 3. 시뮬레이션 조건

여름의 Simulaiton		
공통기준	경도 : 126도 55분 / 위도 35도 10분	
1. 날짜	6월 21일(하지)	
2. 시각	낮 12시	
3. 태양고도	78도 37분 69초	
4. 온도	27.2 °C	
5. 풍속	2.1 m/s	
6. 풍향	남풍	
7. 지중온도	0.2m	23.0 °C
	0.5m	21.5 °C
	1.0m	19.3 °C
8. 상대습도	75.1 %	
9. 환기회수	0.5회	
10. Sloar Intensity	902.1490 (W/m ²)	
11. Met	1.2 met	
12. Clo	0.054 m ² k/w	
13. 평균복사온도	27.2 °C	

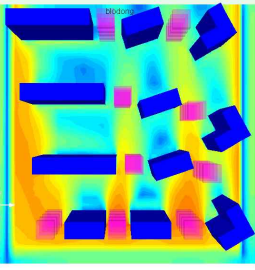
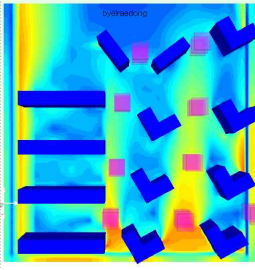
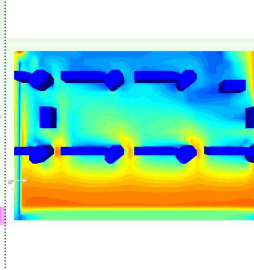
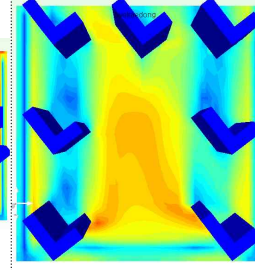
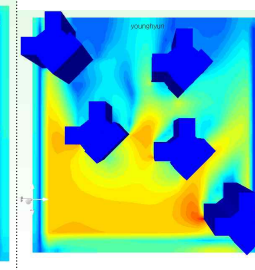
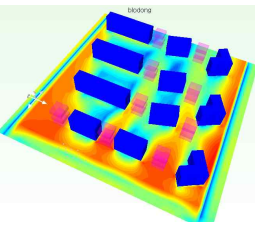
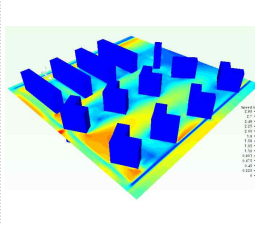
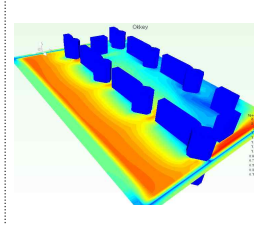
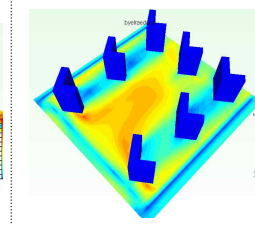
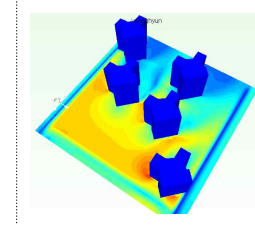
또한 활동 상태나 의복의 상태는 여름으로 셋팅을 하였다. 본 시뮬레이션을 통하여 측정 하고자 하는 것은 평균온도, PMV⁸⁾, PPD⁹⁾ 기류속도 이다.

8) PMV : 예상온열감으로 덴마크의 P.Ole.Fanger가 제안한 개념으로 1,300명 이상의 재실자를 대상으로 실험한 결과 인체가 특정 환경에서 인체 열 생산과 환경으로의 열손실량이 같은, 즉 열적으로 평형을 이룰 때의 열적 감각을 수치로서 표현한 것이다. -0.5~+0.5가 가장 좋은 상태의 영역이다.

PMV 지표	-3	-2	-1	0	1	2	3
의미	춥다	서늘하다	약간 서늘하다	덥지도 춥지도 않다	약간 따뜻하다	따뜻하다	덥다
	Cold	Cool	Slightly Cool	Neutral	Slightly Warm	Warm	Hot

9) PPD : 예상 불만족률로서 PMV의 온열감에서 불만족이 높은 값(-3, -2, +2, +3)으로 응답한 사람의 수를 전체 피험자의 수에 대한 백분율로 계산하여 나타난 지표이다. PMV=0은 95%의 사람이 쾌적함을 느끼는 것이고, -0.5<PMV<0.5는 90%의 사람이 쾌적함을 나타낸 실험적 검증 값을 말한다.

표 4. 시뮬레이션 분석

블광동 B 단지		별내면 I 단지		옥계동 E 단지		청라 B 단지		용현동 S 단지									
																	
																	
간극비	30	42	50	71	85	주동균일도	67	57	52	92	67	37.3층	2.27m/s	27.2℃	2.8	93	
평균층수	14.5층	17.5층	21.4층	29층	37.3층	평균풍속	1.02m/s	1.08m/s	0.5m/s	2.02m/s	2.27m/s	외부온도	27.2℃	27.1℃	27.2℃	27.3℃	27.2℃
PMV	2.8	3.2	3.5	2.5	2.38	PPD	93	98.5	99.0	91.4	88.8						

PMV값은 재실자의 온열감을 조사하는 것이지만, 실외의 쾌적도를 알아보기 위하여 시뮬레이션의 값을 이용하여 판단의 근거로 삼고자 한다. 이는 간극비에 따른 쾌적한 정도의 비교 분석을 위한 자료로 사용하고자 함이다.

5.2 시뮬레이션 평가 및 분석

시뮬레이션을 한 결과에 대하여 간극비, 주동균일도, 평균풍속, 외부온도, PMV, PPD의 값을 비교 분석하였다.

첫 번째로, 간극비가 높으면 높을수록 단지 내의 바람장은 커지는 것으로 나타나고 있다. 간극비가 커짐에 따라 단지 내 평균풍속도가 높아짐을 알 수 있다.

두 번째로, 같은 세대수일 지라도 간극비가 높은 경우에는 주동의 평균 층수가 높아짐을 알 수가 있다.

세 번째로, 간극비가 높아질수록 PMV 값이 좋아짐을 알 수가 있다. 이는 간극비가 높아져 평균풍속이 올라가게 되면, 같은 온도에서는 쾌적도가 올라감을 알 수 있다. 물론 현재의 PMV 값은 더운 상태로 쾌적한 외부환경은 아니지만, 상대적으로 비교하여 보았을 때, 평균풍속이 빠를수록 쾌적도가 좋아짐을 알 수 있다.

네 번째로, 간극비가 높더라도 주동의 형태와 배치가 상이할 때에는 다른 결과를 가져옴을 알 수 있다. 옥계동 E 단지를 보면, 다른 두 단지 보다는 간극비가 높지만, 주동의 형태가 복합형이고 배치의 형태가 일렬배치에 위용형의 형태를 취함으로 단지의 내부에는 거의 바람이 불지 않는다. 위와 같이 간극비가 높다고 하여 무조건 바람장이 잘 형성

이 되고, 평균풍속이 높고 쾌적도가 좋다고 판단할 수는 없다.

6. 결론

본 연구는 ‘공동주택의 자연환기 및 통풍성능은 건물 형태와 외피 및 내부구조의 특성에 의해 좌우되지만, 거시적인 관점에서 볼 때에 바람의 조건에 대응한 공동주택 주동의 배치 특성에 의해 근본적인 성능 수준이 결정된다.’라는 가설로 시작하였다. 따라서 이에 맞추어 건폐율에 대한 간극비를 산출하고, 같은 세대수를 가진 5개의 사례를 시뮬레이션 분석을 하였다. 간극비는 본 연구에 의해 착안한 것으로 산출식은 $G_{rb} = N_u \cdot h - 0.01B_r \cdot N_u \cdot h$ 이며, 간극비 값은 30~85의 분포를 보이고 있다. 시뮬레이션 분석 결과는 간극비가 높으면 높을수록 바람장은 활발해지고, 단지 외부환경의 쾌적도가 올라감을 알 수가 있었다. 또한 간극비가 높을수록 층수가 높은 것으로 파악이 되었고, 이는 단지의 바람장 형성을 위하여서는 층수가 올라갈수록 좋아진다고 할 수 있다. 그러나 단지의 간극비가 높다고 해서 무조건 바람장과 환경이 좋은 것이 아니라, 주동의 형태나 주동의 배치와도 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다. 간극비와 주동균일도와의 관계는 이보다 더 많은 사례를 시뮬레이션 평가를 하여야 만이 관계를 규명할 수 있을 것으로 사료되며, 간극비와의 연관성이 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. NORBERT LECHNER, HEATING, COOLING, LIGHTING, WILEY, 2009
2. Richart Hyde, Bioclimatic Housing, Earthscan, 2008
3. 국토해양부, 2010년도 국토 연차보고서, 2010
4. 에너지연구원, 지역에너지통계연보, 2010
5. 주택총조사(1990,1995,2000,2005), KOSIS 국가통계포털
6. 송영배, 바람통로 계획과 설계방법론, 그린토마토, 2007
7. 조성우, 환경부하저감을 위한 기후순응 주거계획에 관한 연구, 전남대학교 박사학위 논문, 2009
8. 조철희, 아파트 단지의 통풍계획에 관한 연구, 서울시립대 박사학위 논문, 2005
9. 나수연, 공동주택의 자연통풍 계획에 관한 연구, 중앙대학교 박사학위논문, 1999
10. 이기형, 아파트단지에서 환경쾌적성을 목표로 한 최적 주동배치계획에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문, 2010

투고(접수)일자: 2011년 3월 8일

심사일자: 2011년 3월 10일

게재확정일자: 2011년 4월 6일