

# 공동주택 지하주차장의 풍력환기 성능에 관한 연구

- 환기구 면적 및 주변건물의 영향 -

## A Study on Ventilation Performance driven by Wind Force in Underground Parking Lots of Apartment

- Influence of Opening Size and Surrounding Building -

노 지 웅\*

Roh, Ji Woong

### Abstract

As a series of studies about natural ventilation driven by wind in basement parking lots of apartment, the influence of opening size and surrounding buildings on ventilation rate was analyzed. Natural ventilation in underground parking lots almost rely on wind than temperature difference. To investigate natural ventilation driven by wind, wind tunnel tests by using scale model and tracer gas method were conducted. CO<sub>2</sub>-gas concentration was measured, natural ventilation rates were calculated.

The experimental results showed that the natural ventilation rate is more reliable to wind direction and surrounding building than opening size and distance between buildings. It was verified that surrounding buildings play a principal role in increasing air flow rate by accelerating wind speed, and growing turbulence intensity. And it showed that ventilation performance is able to be increased by oblique wind to entrance ramp than head on wind in underground parking lots with surrounding buildings.

키워드 : 지하주차장 환기, 축소모형, 트레이서 가스법, 환기성능

Keywords : Underground lot ventilation. Scale model, Tracer gas method, Ventilation performance

### 1. 서 론

생활수준의 향상과 더불어 세대별 자동차 보유수는 지속적으로 증가하고 있으며 이에 따라 특히, 도심지에서의 주차공간 부족문제는 커다란 이슈가 되고 있다. 주택분야에 있어서도 공동주택 단지의 대규모화와 고층화 추세에 따라 주차공간의 확보를 위하여 지하 3층 이상의 고심도 지하주차장이 적지 않게 등장하고 있다. 이러한 지하 주차공간에서는 고심도로 갈수록 자연환기가 어려워 기계환기에 의존도가 높은 실정이나 가동현황이 열악하여 자칫 실내공기질의 악화로 인하여 사용자의 건강을 위협할 우려를 낳고 있다.

정부는 에너지 절감을 기하고자 공동주택 지하주차장에 대하여 일정비율 이상의 자연환기(또는 채광용) 개구부를 설치하도록 권장하고 있다. 그러나, 자연환기만으로는 지하공간의 실내공기질을 만족할만큼 제어하기 어렵고, 환기설비의 배기경로와 서로 상충될 경우 역효과를

유발할 수 있기 때문에 자연환기시의 공기흐름에 대한 면밀한 검토가 요구되고 있다. 또한, 풍력에 의한 자연환기방식은 지하주차공간의 형태, 주변건축물의 배치, 개구부의 위치, 차량진입방향 등 많은 외적요인의 영향으로 인하여 여러 가지 문제점이 발생 할 수 있다.<sup>1)</sup>

본 연구는 지하주차장의 환기구의 면적과 주변건물이 풍력환기에 미치는 영향을 파악하는데 그 목적을 두고 있다. 자연환기는 온도차와 풍력에 의해 구동되지만 지하주차장에서는 온도차 환기가 일어나기 어렵기 때문에 본 연구에서는 풍력에 의한 자연환기를 검토하였다. 검토대상은 지하2개층에 지하주차장을 갖는 공동주택으로 남,북측에 건물이 배치되어 있고 차량출입구와 Dry Area형 환기구를 갖는 것으로 하였다. 축소모형을 이용한 풍동실험을 통하여 환기구를 비롯한 지하주차장 내외의 압력계수를 도출하였고, 트레이서 가스법에 의해 가스농도 분포를

1) 김양수,윤성민,서정민, 이준환, 송두삼, 주거건물 지하주차장의 자연환기 성능 향상방안에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표회 논문집,2009.11

\* 교신저자. 홍익대학교 건축공학과 교수(jwroh@hongik.ac.kr)

계측하여 환기횟수를 도출하였다. 풍압계수 및 풍압계수 차 분석을 통하여 환기구를 통한 공기흐름의 특성을 검토하였고, 가스농도 분포 및 환기횟수 분석을 통하여 바람의 방향, 개구부 면적, 주변건물의 유무, 건물간의 이격거리 등 다양한 변수가 환기성능에 미치는 영향을 분석하였다.

## 2. 풍력환기 성능에 관한 풍동실험

### 2.1 실험개요

#### 2.1.1 풍동, 접근류 및 실험풍속

본 연구에서는 건물의 세워지는 지점에서의 자연풍의 특성을 잘 나타낼 수 있는 개방형 경계층 풍동을 사용하였고, 풍속범위는 0.3m/s~22.5m/s이며, 실험풍속은 건물 모형 상당높이 (풍동 바닥에서 22.5cm 상부)에서 6.8m/s로 하였다. 실험풍속은 건물모형 상당높이(풍동 바닥에서 22.5cm 상부)에서 6.8m/s로 하였다. 풍속은 fan의 RPM 조절에 의해 제어되며, 피토크관(Pitot tube)에서 얻어진 동압을 Digital manometer를 이용하여 풍속을 측정하였다.

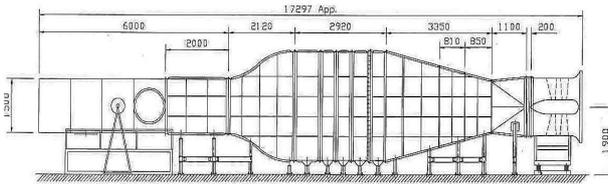
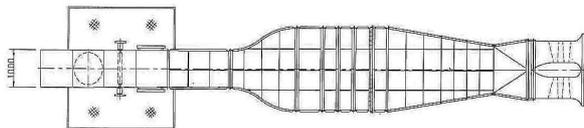


그림 1. 풍동개요

#### 2.1.2 대상모형의 개요

다양한 공동주택의 주동형태, 평면형식, 층수, 배치등을 분석하여 지하주차장의 프로토타입을 선정하였고, 공동주택 단지의 지하주차공간을 주변건물과 함께 1/100 축적으로 제작하였다.<sup>2)</sup> 주차장은 39.8m×55.8m, 총 높이 8.0m의 지하2층의 구조로 되어있으며 주변은 42.1m×9.3m, 높이 22.5m 크기의 건물 2개동이 N, S 방향에 위치해 있다(그림1). 모형은 풍압측정모형과 환기량 측정용 모형을 각각 제작하였고 주차장의 차량출입구는 주풍향인 서풍을 고려하여 배치하였고, 환기구는 Dry Area형 6개를 등간격으로 설치하였다. 풍압 측정용 모형은 지하 1,2층에서 풍압측정공의 수가 61개로 지하 1,2층 천장면에 25개, 각 개구부 유출입면에 6개씩을 내경1mm인 동파이프로 설치하였다. 환기량 측정용 모형은 농도 측정점이 20곳이며

지하 1층의 1지점, 지하 2층의 1지점에서 가스를 방출하도록 하였다. 가스 배출공 및 농도측정점은 각 지하공간의 중간 높이에 내경 3mm인 동파이프로 설치하였다. 환기구는 크기를 조정 가능하도록 하였다.

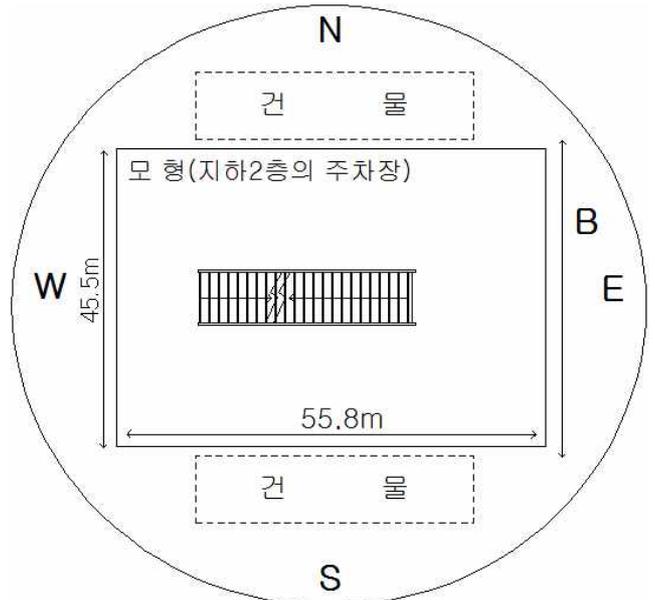


그림 2. 모형의 개요

#### 2.1.3 실험Case

표 1에 표시한 것과 같이 풍향의 변화에 따른 환기구의 면적, 주변건물이 환기성능에 미치는 영향 등 다양한 변수의 영향을 검토할 수 있도록 실험 Case를 선정하여

표 1. 실험 Case

실험 Case	주변 건물	개구부 Type	풍향		
			W	N	E
주변건물의 간격*2			45.5m		
1-1	有	I	◎*1	○	○
2-1*3		II	◎	○	○
3-3		III	◎	○	○
1-2	無	I	◎	○	○
2-2*4		II	◎	○	○
3-2		III	◎	○	○

\*1 : ◎는 압력실험 및 농도실험, ○는 농도시험만 행해짐.

\*2 : Case 2-1에 대하여 풍향을 서풍으로 고정하고 기존 건물간격(45.5m)을 55.5m, 60.5m, 65.5m로 증가시키며 추가실험을 행함

\*3 : Case 2-1에 대하여 풍향 WNW, NW, NE, NEE의 추가실험

\*4 : Case2-2에 대하여 풍향 NW, NE의 추가실험

풍압실험과 가스농도 실험을 실시하였다. 풍압실험은 주풍향인 서풍에 대하여 건물유무와 개구부 크기를 조합한 6개 Case를 대상으로 하였다. 가스농도 실험은 풍향, 개구부 면적, 주변건물의 영향을 검토하기 위해 총 27개 Case에 대하여 행하여졌다. 풍향은 서풍과 남/북풍, 동풍

2) 차광석, 노지웅, 백용준, 김영덕, 공동주택 지하공간의 환기설계 기준 및 기법에 관한연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집. 20(1), 2000.04

을 주 검토대상으로 하였고, Type II(개구면적4.2m×1.2m)에 대하여 추가적으로 남서, 남동, 서남서, 북동동풍에 대한 실험을 행하였다. 환기구 크기는 본 실험이 검토하고 있는 Dry Area의 길이를 4.2m로 고정하고 폭을 0.9m(Type I), 1.2m(Type II), 1.5m(Type III)로 증가시키며 그 영향을 검토하였다. 주차장의 남측과 북측에 배치한 주변건물은 그 간격을 45.5m로 하여 풍향과 개구면적에 대한 영향을 검토하였고, 추가적으로 주풍향인 서풍에 대하여 55.5m, 60.5m, 65.5m로 증가시키며 주변건물 간격의 영향을 검토하였다.

2.1.4 풍압계수 및 환기량 산출

Pito Tube(LK-5, Okano, Japan)와 Digital Micromanometer(DP-20A, Okano, Japan)을 사용하여 측정된 풍압 분포를 이용하여 아래와 같이 풍압계수를 산출하였고 환기구 출입구부의 풍압계수차를 도출하였다.

$$C_p = \frac{P_w - P_s}{\frac{\rho}{2} V^2} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, Cp : 풍압계수, Pw : 측정점의 압력[mmH<sub>2</sub>O]  
 Ps : 기준정압[mmH<sub>2</sub>O] V : 주변건물  
 높이에서의 풍속 [m/s]

환기량은 Tracer Gas법으로 측정했다. Tracer Gas로는 이산화탄소를 사용하였으며, 지하2층에서 정량적으로 발생(1cc/sec)시켰다. 또한 Tracer Gas는 CO<sub>2</sub>를 사용하였기 때문에 대기중에 있는 CO<sub>2</sub>농도를 풍상측에서 연속측정, 이 농도를 측정농도에서 제외시켰다. Tracer Gas의 농도는 Multi-GAS 분석기-Type 1302(B&K)를 사용했다. 환기량은 식(2)를 통해 구하였다.

$$Q = \frac{q}{F} \dots\dots\dots(2)$$

여기서, Q : 유량[m<sup>3</sup>/s]  
 q : Tracer Gas발생량[cc/sec]  
 F : 개구부로 부터의 측정농도(정상상태)[ppm]

3. 풍동실험 결과 및 고찰

3.1 풍압계수, 풍압계수차

주차장내 지하1, 2층에서의 풍압계수와 Dry Area내부의 중간부(지하1층 높이)와 상부(지상높이)에서의 풍압계수를 산출하였다. 그 결과, 검토한 6개의 모든 Case에서 B1, B2, 중간부, 상부의 순으로 감소하는 것으로 나타나 차량 출입구를 통하여 유입된 바람이 환기구를 통해 유출되고 있는 공기흐름을 확인할 수 있었다. B1,B2에서의 풍압계수는 동일하게 나타났다. 즉, 건물이 있는 경우에는 0.07~0.09, 건물이 없는 경우에는 0.16~0.18의 값을 나타냈다. Dry Area 중간부에서도 B1,B2의 값에 비해 상

부에서는 비로소 비교적 크게 감소하는 것으로 나타났다. 환기구 상, 하부간의 풍압계수의 차는, 건물이 있는 경우 0.12~0.15, 건물이 없는 경우 0.09~0.1로서 약 0.04정도 건물이 있는 경우에 크게 나타나 환기효과가 더 클 것으로 사료된다. 다만, 개구부 면적의 증감에 대한 차이는 상대적으로 크지 않은 것으로 나타났다.

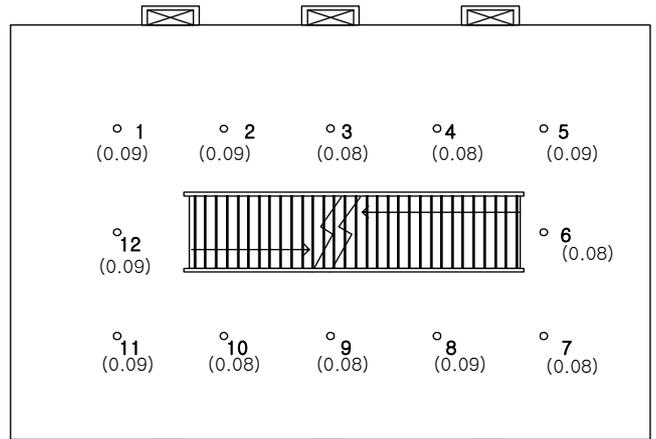


그림 3. Case 1-1(W)의 풍압계수(B1)

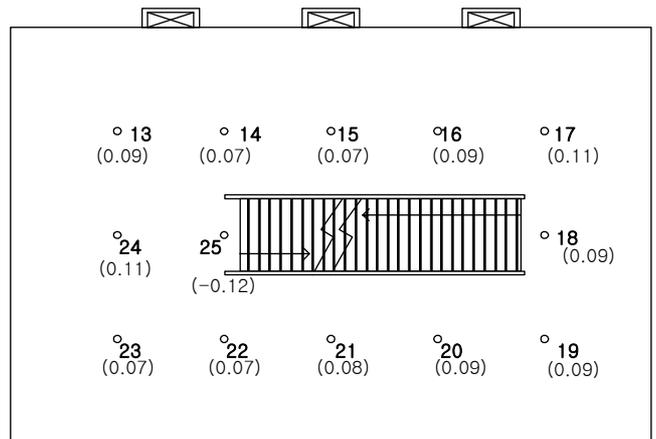


그림 4. Case 1-1(W)의 풍압계수(B2)

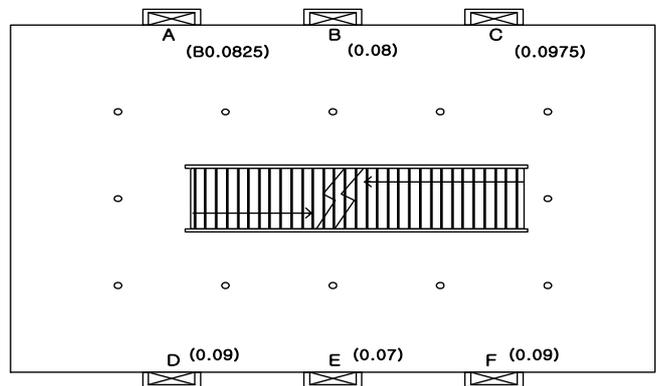


그림 5. Case 1-1(W)의 풍압계수(환기구 중간부)

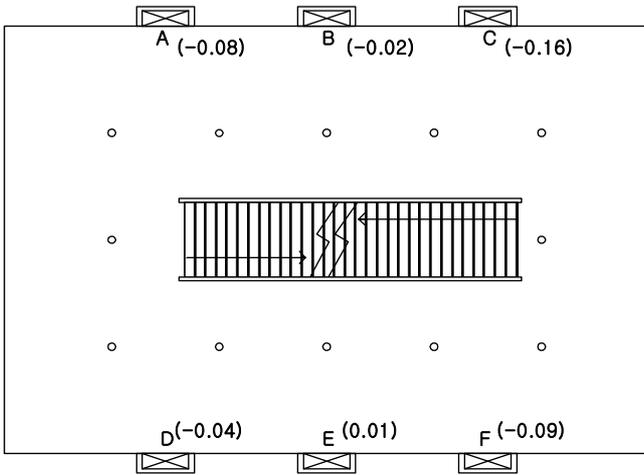


그림 6. Case 1-1(W)의 풍압계수(환기구 상부)

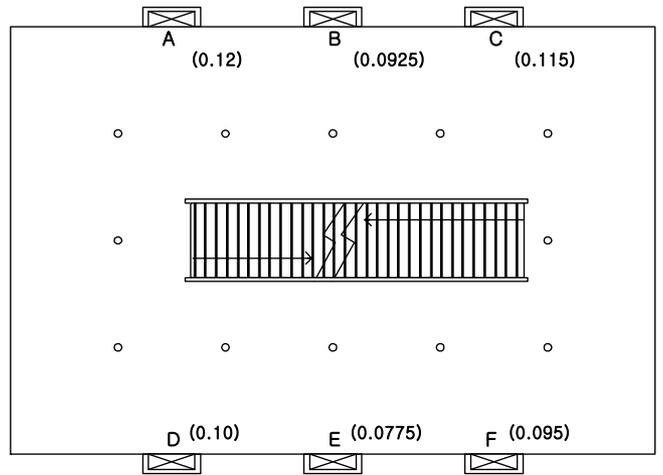


그림 9. Case 1-2(W)의 풍압계수차

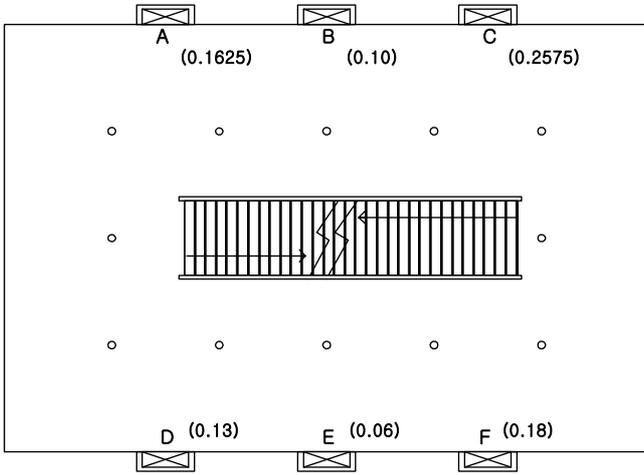


그림 7. Case 1-1(W)의 풍압계수차

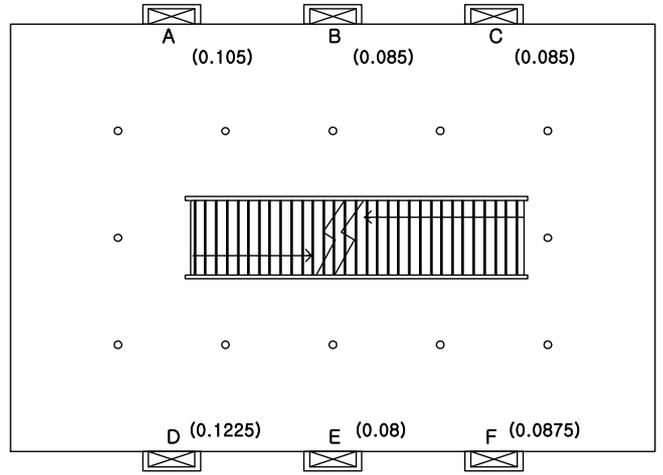


그림 10. Case 2-2(W)의 풍압계수차

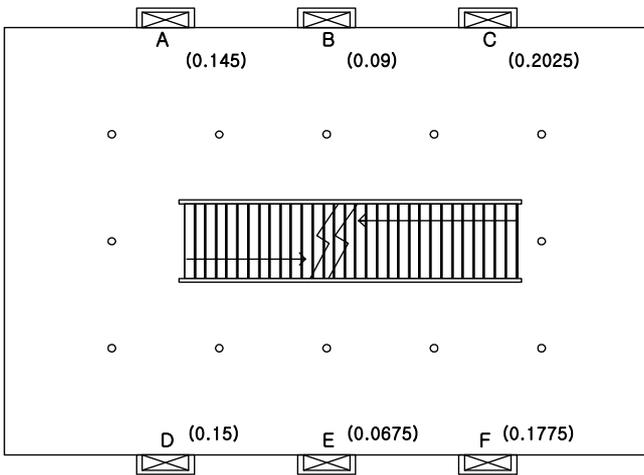


그림 8. Case 2-1(W)의 풍압계수차

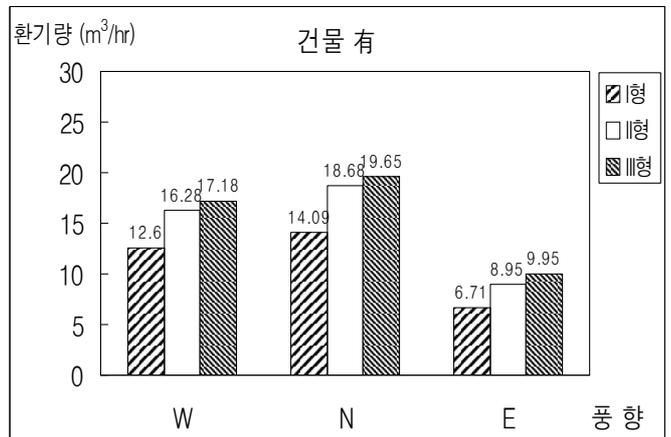


그림 11. 개구부 및 풍향별 환기량(건물 유)

### 3.2 가스농도 분석에 의한 환기량

가스농도 분석을 통하여 건물유무와 풍향, 그리고 개구면적 등 3가지 변수가 환기에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다(그림 11~15 참조).

먼저, 건물이 배치된 경우, 서풍에 대하여 12.6~17.2 [ $m^3/hr$ ], 북풍(또는 남풍)은 14.1~19.7 [ $m^3/hr$ ], 동풍은 6.7~9.9 [ $m^3/hr$ ]의 값을 나타냈다. 건물이 없는 경우에는, 서풍에 대하여 13.6~15.4 [ $m^3/hr$ ], 북풍(또는 남풍)은 2.6~3.1 [ $m^3/hr$ ], 동풍은 5.8~9.7 [ $m^3/hr$ ]의 값을 나타내 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 또한, 풍향별로는 북풍(또는 남풍)이 불 때 크게 격감하는 것으로 나타나 난류강도의 변화가 주된 원인으로 추정된다. 즉, 주차장의 남, 북측에 평행하게 배치된 주변건물로 인하여 환기량이 증가하는 경향을 나타냈는데 이는 건물에 의해 난류강도가 증가한 데 기인한 것으로 사료된다.

풍향에 따른 변화를 살펴보면, 건물이 배치된 경우, 북풍(또는 남풍) > 서풍 > 동풍의 순서로 나타났으나 건물이 없을 경우에는 서풍 > 동풍 > 북풍(또는 남풍)으로 나타났다. 즉, 건물이 없을 때는 차량출입구의 방향(W)에서 바람이 불 때 가장 높으며 수직방향(N/S)에서 가장 낮은 값을 나타내며, 건물이 있을 때는 수직방향(N/S)에서 가장 높은 효과를 나타내고 있다. 또한, 건물유무에 관계없이 출입구방향(W)의 바람이 맞은 편(E)보다 더 효과가 큰 것을 보여주고 있다.

개구부 크기의 증감에 대한 영향은 크기에 증가에 따라 환기량이 약간씩 증가하고 있지만 그 차이는 두드러지지 않게 나타났다.

개구부 크기를 TypeII로 고정시키고 더 세분화된 풍향에 대하여 추가실험을 행한 결과는 다음과 같다(그림 13, 14). 건물을 배치한 경우 가장 높은 환기효과를 나타낸 것은 NW와 WNW로서 이전실험에서 가장 높았던 N에 비해서도 2배를 훨씬 초과하는 값이다. 이는 개구부에 대하여 직각방향의 바람보다는 사선방향이 더 환기효과가 큰 사실과 맥락을 같이하는 결과로 사료된다. 그러나, 건물이 없는 경우에는 시계방향으로 서풍에서 북서풍과 북풍으로 변화함에 따라 환기량이 감소하고, 다시 북동풍과 동풍으로 변화하며 증가하는 경향을 보이고 있다.

이론적으로는 바람의 Profile을 볼 때 지면근처는 풍속이 매우 약하기 때문에 지표면상에 환기구를 설치해도 그 효과는 크지 않다. 그러나, 공동주택 단지의 경우에는 주변건물에 의하여 바람의 속도가 빨라지기도 하고 난류강도가 증가하기도 하기 때문에 환기효과가 증대될 수 있다. 건물이 없는 경우에는 바람이 차량개구부 방향에서 직각방향으로 변화함에 따라 감소하지만, 본 실험에서와 같이 주변건물이 배치된 경우에는 바람이 건물방향에서 불 경우가 차량출입구 방향에서 불 때보다 환기율이 높으며 사선방향으로 불 때 급증하는 것으로 사료된다. 본 실험의 마지막 단계로 건물의 이격거리의 증감이 환기량에 미치는 영향을 검토하였다(그림 15 참조). 이때, 다른 변수의 영향을 배제하기 위하여 풍향은 서풍, 개구

부 크기는 TypeII로 고정하여 실험을 행하였다. 그 결과, 이격거리가 증가함에 따라 점진적으로 환기량이 증가하였다. 그러나, 그 효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

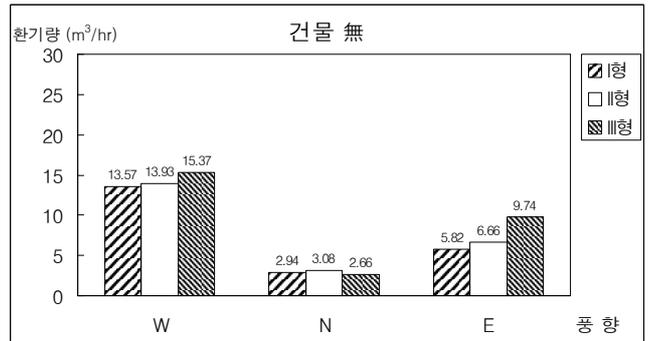


그림 12. 개구부 및 풍향별 환기량(건물 무)

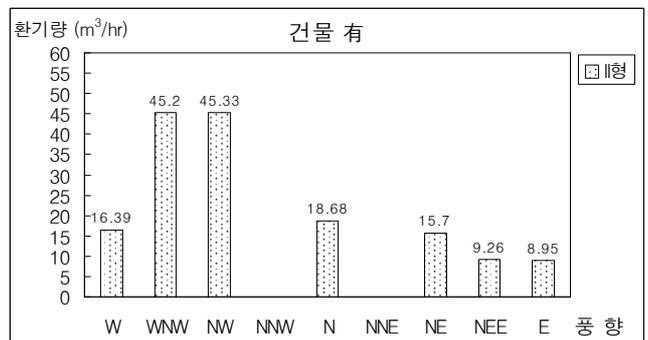


그림 13. Case 2-1의 풍향별 환기량

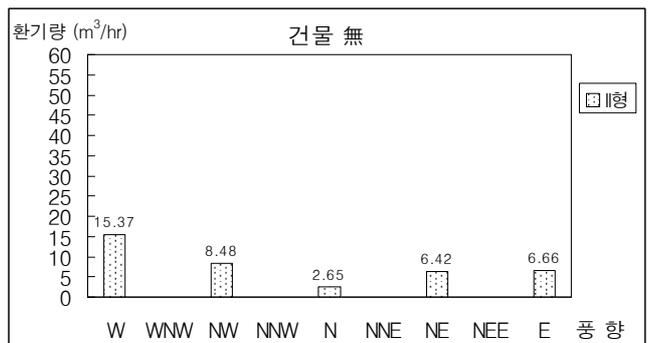


그림 14. Case 2-2의 풍향별 환기량

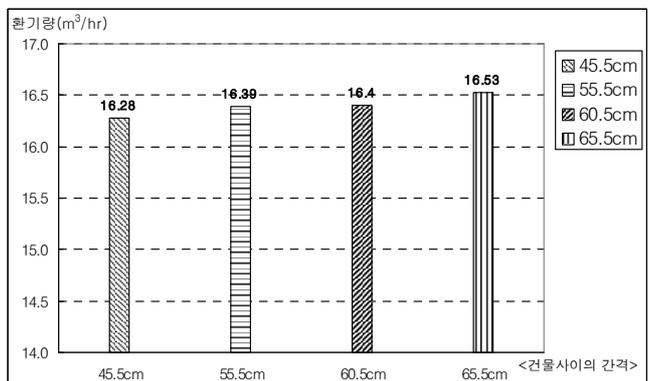


그림 15. Case 2-1(W)의 건물간격별 환기량

4. 결 론

본 연구에서는 풍동실험을 통하여 공동주택 지하주차장을 대상으로 풍향 및 주변건물 유무, 개구부 크기와 주변건물의 간격 등의 영향을 검토하였다. 그 주요결과는 다음과 같다.

1) 환기구 상,하부간의 풍압계수의 차를 산출한 결과, 건물이 있는 경우는 0.12~0.15, 건물이 없는 경우에는 0.09~0.1로서, 약 0.04정도 건물이 있는 경우가 크게 나타났다.

2) 주차장의 남, 북측에 평행하게 배치된 주변건물로 인하여 주변건물이 없는 경우보다 환기량이 증가하는 경향을 나타냈으며, 북풍(또는 남풍)의 경우에는 더욱 크게 증감하였다. 이는 건물에 의해 난류강도가 증가한 데 기인한 것으로 사료된다.

3) 건물이 없는 경우에는 바람이 차량개구부 방향에서 직각방향으로 변화함에 따라 감소하지만, 본 실험에서와 같이 주변건물이 배치된 경우에는 바람이 건물방향에서 불 경우가 차량출입구 방향에서 불 때보다 환기율이 높으며 사선방향으로 불 때 급증하는 것으로 나타났다.

4) 개구부의 크기와 건물간의 이격거리를 증가시킴에 따라 환기량도 점진적으로 증가하였다. 그러나, 그 효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김양수,윤성민,서정민, 이중훈 ,송두삼, 주거건물 지하주차장의 자연환기 성능 향상방안에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표회 논문집,2009.11
2. 차광석, 노지웅, 백용준, 김영덕, 공동주택 지하공간의 환기설계 기준 및 기법에 관한연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집. 20(1), 2000.04
3. 신현준, 조정식, 박병규, 지하주차장의 환기시스템 개발, 한국건설기술연구원,1989.12
4. 김중기,박병윤,최진우, 중소형 공동주택 지하주차장 환기기법 향상 연구, 주택공사 주택연구소,1997.12
5. 황민규, 김성식, 김강수, 지하주차장의 환기성능 평가에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회논문집 통권 12호, 2007.6
6. 이시웅, 노지웅, 풍동실험을 통한 공동주택 지하주차장의 자연 환기성능 연구, 한국생태환경건축학회 논문집 v.4 n.3(통권13호), 2004.9
7. 박명식, 차광석, 이재현, 문정환, 추적가스법에 의한 지하주차장 자연환기량 측정, 대한설비공학회 동계학술발표회 논문집, 2002.11
8. Bailey and vincent, Wind pressure on building including effects of adjacent buildings, Journal of the institute of civil engineering, vol. 19-20 no. 1
9. Boutet and terry s., Controlling air movement, McGraw-hill book co., 1987
10. Martin w. liddament, A guide to energy efficient ventilation, oscar faber consulting engineers, 1996.3
11. ASHRAE, Ventilation for acceptable indoor air quality, ASHRAE standard 62-1989

12. ASHRAE, ASHRAE fundamentals handbook,1993

투고(접수)일자: 2011년 11월 23일  
 수정일자: (1차) 2012년 2월 17일  
 (2차) 2012년 2월 22일  
 게재확정일자: 2012년 2월 24일