

판상형 공동주택의 동 배치 및 종횡비에 따른 풍압계수 특성에 관한 연구

윤성훈

남서울대학교 건축공학과 부교수

A Study on the Wind Pressure Coefficients of Flat-type Apartment Complexes Considering Building Layout and Aspect Ratio

Seong-Hoon Yoon

Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Namseoul University

요약 건축물의 환기성능 평가를 위한 모델링 과정에서 핵심 경계조건으로 활용되는 풍압계수는 통상 저층형 단일 건물에 대해서만 자료화되어 있어, 공동주택 단지과 같은 고층형 집합주택의 모델링 시에는 적용할 수 없다. 이에 본 연구에서는 CFD(Computational Fluid Dynamics)해석을 통해 건물의 배치 및 종횡비가 다른 판상형 공동주택에 대하여 풍향각에 따른 풍압계수의 특성을 분석하고 유형화함으로써 환기 모델링 시 참고할 수 있는 기초자료를 제시하였다. 풍향각 0도의 경우 가장 풍상측에 위치한 건물의 정면에서는 좌우가 반전된 S자 형태의 풍압계수 분포가 나타났으며, 최하층, 최상층 및 2개의 변곡점에 해당하는 풍압계수는 건물의 높이와 관계없이 비교적 근사한 값을 보였다. 저층부의 변곡점은 약 11m 높이에 형성되었으며, 고층부 변곡점의 높이는 건물의 높이에 비례하는 추세식을 통해 산출 가능함을 확인하였다. 또한 풍향각 45도 조건을 제외하면 대부분의 조건에서 풍압계수의 평균값을 적용 가능함을 확인하였다.

주제어 : 풍압계수, 공동주택, 동 배치, 종횡비, 풍향각, 수치유체역학

Abstract In this study, basic data that can be referenced for ventilation modeling was presented by analyzing the characteristics of wind pressure coefficients(C_p) according to wind direction angles under conditions of different building layouts and aspect ratios through CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis for flat-type apartment complexes. In the case of a wind direction angle of 0° , C_p distribution in the form of an inverted S-shape was shown on the front of the building located on the windward side. And C_p corresponding to the lowest floor, the uppermost floor, and the two inflection points showed relatively close values regardless of the height of the building. The inflection point of the low-rise part was formed at a height of about 11m, and the height of the high-rise part could be calculated through a trend formula proportional to the height of the building. It was confirmed that the averaged C_p value can be applied in most conditions except for the wind direction angle of 45 degrees.

Key Words : Wind pressure coefficient, Apartment complexes, Building layout, Aspect ratio, Wind direction angle, CFD(Computational Fluid Dynamics)

*Funding for this paper was provided by Namseoul University.

*Corresponding Author : Seong-Hoon Yoon(aquila@nsu.ac.kr)

Received July 8, 2021

Accepted September 20, 2021

Revised August 2, 2021

Published September 28, 2021

1. 연구 배경 및 목적

신축 공동주택의 경우 쾌적한 실내공기질 확보를 위해 시간당 0.5회 이상의 환기량을 확보할 수 있는 기계환기 설비 또는 자연환기설비의 설치가 의무화되어 있으며[1], 특히 자연환기설비의 적용 시에는 환기량 기준의 충족 여부에 대해 지방건축위원회의 심의를 받거나 또는 법에서 정한 성능기준을 충족하는 설비를 적용해야 한다. 그러나, 전자의 경우 전산유체역학(이하 CFD)을 이용한 모델링 또는 풍동시험 등을 통해 환기성능을 입증해야 하는 부담이 있고, 후자의 경우 라인 형의 자연환기설비에 대해서만 기준[2]이 마련되어 있어 원형 또는 사각형 등 다양한 형태의 자연환기설비에 대해서는 적용할 수 없다.

한편, 건물의 환기성능을 예측하거나 자연환기설비의 성능을 검토하는 과정에서 CONTAMW, TRNFlow와 같은 기류 네트워크 모델(Airflow network model)을 활용하는 것도 가능하다. 기류 네트워크 모델은 실내공간과 환기경로 상의 압력변화를 고려하여 환기량을 산출하는 방법론으로, CFD에 비해 모델이 단순하고 비교적 짧은 시간에 건물의 환기성능을 예측할 수 있는 장점이 있다. 다만, 모델의 경계조건이라고 할 수 있는 건물 입면의 풍압계수와 관련해서 참고할 수 있는 레퍼런스가 많지 않아 활용이 제한적이다. 저층형 단일 건물에 대해서는 AIVC(Air Infiltration and Ventilation Centre)에서 몇 가지 건물 유형에 대한 풍압계수 레퍼런스를 제시한 바 있으나[3,4], 고층형 건물 및 국내의 아파트 단지과 같이 여러 동의 건물이 배치되는 조건에 대해서는 참고할 수 있는 자료가 부족한 실정이다.

고층형 건물 또는 집합건물의 풍압계수와 관련하여 풍동실험[5-8] 또는 CFD 분석[9-13]을 통한 연구 결과들이 보고되었으나, 주로 특정 건물의 분석결과나 해석모델의 검증중을 중심으로 다루어져 왔다. 필자 등은 판상형 공동주택 단지를 대상으로 풍향과 동 배치에 따른 풍압계수 특성에 대한 연구[14,15]를 수행하였으며, 건물 전후면의 풍압계수 차이에 의한 자연환기성능을 중심으로 결과를 소개한 바 있다. 본 논문은 앞서 소개한 연구의 제2보로서, 통풍 외에도 다양한 환기방식이 적용될 수 있는 공동주택의 환기성능 분석을 위한 기류 네트워크 모델링을 전제로 동 배치 및 세대의 위치에 따른 풍압계수의 특성을 유형화하는데 그 목적이 있다.

2. 연구 방법

단지 규모의 건물군을 대상으로 동 배치 및 형태, 풍향에 따른 풍압계수 특성을 분석하기 위해 총 800세대 규모의 아파트 단지를 대상으로 Star CCM+를 이용하여 CFD 해석을 실시하였다.

Fig. 1~2, Table 1은 각각 대상 건물 및 분석 Case의 정보를 나타내는 것으로, 동 개수 및 세대 규모가 동일한 조건에서 2열 종대 및 2열 횡대로 총 6개의 Case를 구성하였다. Case별로 단위 동의 총 세대수는 동일하나 기준층의 세대수(4세대, 6세대, 8세대)에 따라서 건물의 종횡비(높이:길이)가 달라지는 것으로 가정하였다. 이러한 건물의 형태나 배치는 최근에 신축되는 공동주택과 다소 차이가 있으나, 집합건물의 풍압계수 특성 유형화의 과정에서 우선 가장 단순한 조건을 가정하여 모델링을 진행하였다.

풍향각과 관련해서는 건물 정면의 법선방향을 기준으로 풍향각 0°, 45°, 90° 조건에서의 풍압계수 특성을 분석하였다. 여기서, 풍향각 0°는 180°, 45°는 135°, 225°, 315°, 90°는 270° 조건과 각각 대칭으로 볼 수 있다.

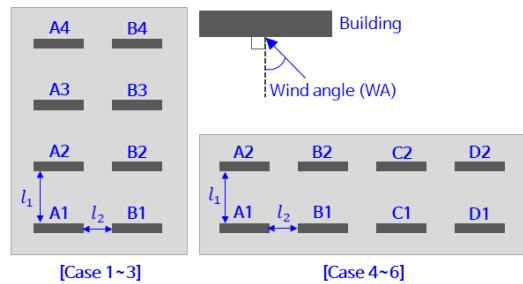


Fig. 1. Layout of apartment complex

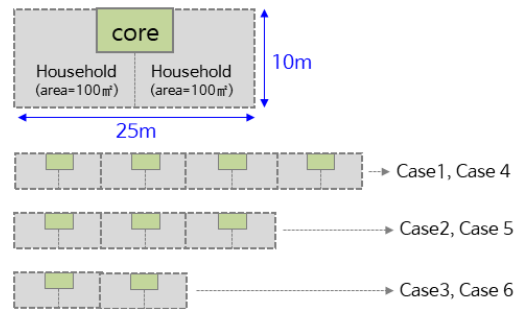


Fig. 2. Household layout on typical floor

Table 1. Information of modeling Cases

Building array	2×4			4×2		
Case #	1	2	3	4	5	6
No. of households on typical floor	8	6	4	8	6	4
Building height (m)	35	50	70	35	50	70
l_1 (m)	35	50	70	35	50	70
l_2 (m)	50	50	50	50	50	50

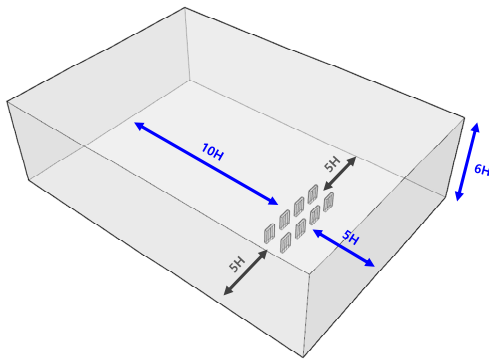


Fig. 3. Domain size of CFD model

Fig. 3은 CFD 해석 모델을 나타내는 것으로, 도메인 크기는 건물 높이(H)를 기준으로 풍상측 6H, 풍하측 10H, 높이 6H로 설정하였으며, $k-\epsilon$ 난류모델(난류강도 0.1%, 난류길이 0.1m)을 적용하였다. (연구 방법에 대한 세부사항은 선행논문 참조)

3. 동 배치에 따른 풍압계수 특성

3.1 2열 종대 배치 (Case 1~3)

1) 풍향각 = 0°

Fig.4는 정면풍 조건에서 2열 종대로 동을 배치한 Case 2(A1~A4)의 높이에 따른 풍압계수 산출결과를 나타낸다. 가장 풍상측에 위치한 A1동의 정면에서는 좌우가 반전된 'S'자(이하, 역S자)와 같은 패턴을 보였으며, 풍하측에 위치한 나머지 동에서는 세대의 수직 위치와 상관없이 풍압계수가 거의 일직선과 같은 분포를 보였다. 즉, 풍상측 제1열에 위치한 동의 정면에는 세대의 수직 위치에 따라 풍압계수를 다르게 적용해야 하나, 나머지 동의 전후면에 대해서는 세대의 높이와 상관없이 평균값을 적용하는 것이 가능함을 알 수 있다.

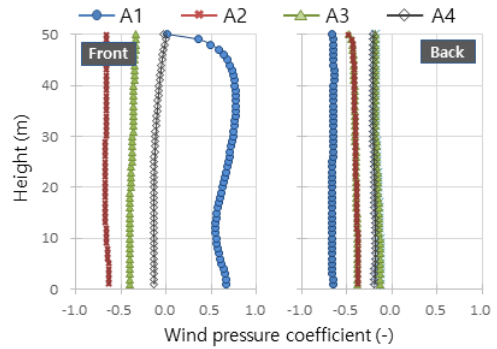


Fig. 4. Cp distribution (A1~4, Case 2, WA=0°)

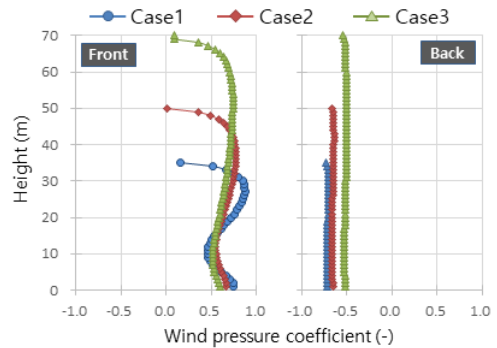


Fig. 5. Cp distribution (A1, Case 1~3, WA=0°)

Fig. 5는 Case 1~3에 대해 풍상측 제1열(A1)의 높이에 따른 풍압계수 분포를 나타내는 것으로, 건물의 종횡비가 다른 나머지 조건에서도 Case 2와 유사한 분포 특성을 보였다.

Table 2는 풍상측 제1열에 위치한 동 정면의 풍압계수를 모형화한 내용을 나타낸다. 최상부 및 최하부, 그리고 2개의 변곡점까지 4개 지점에서 건물의 높이 변화 따른 풍압계수의 편차가 크지 않아 평균값으로 제시하였으며, 각 지점의 사이의 풍압계수는 높이에 따른 직선 보간법으로 산출하는 것으로 가정하였다. 저층부에 위치한 첫 번째 변곡점은 건물의 높이가 다른 3개의 Case에서 모두 약 11m의 높이에 위치하였으나, 두 번째 변곡점은 건물의 높이에 비례하여 높아지는 경향을 보였다. 표의 식은 건물의 높이(H)에 따른 두 번째 변곡점의 높이(y)와의 관계에 대해 도출한 추세식을 나타낸다.

Table 2. Specification of Cp
(front facade of the first building on windward)

Description	Height (m)	Cp
building height	H	0.08
2nd inspection	$y = 0.0049H^2 + 0.2268H + 13.958$	0.78
1st inspection	11	0.48
1st floor	1	0.66

2) 풍향각 = 90°

Fig.6, 7은 측면풍 조건에서 Case 2의 B열 및 A열에 대한 높이에 따른 풍압계수 산출결과를 각각 나타낸다. 풍상측에 위치한 B1~4동, 풍하측에 위치한 A1~4동 모두 세대의 수직 위치에 따른 풍압계수 변화가 거의 없이 일직선과 같은 분포를 보였다(B열 평균 : -0.24, A열 평균 : -0.11). 또한 각 동의 전후면 풍압계수가 유사한 수준으로 나타나, 다른 조건이 일정할 때 전후면 풍압계수의 차이에 의해 결정되는 자연환기 성능은 기대하기 어려운 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 Case 1~3에 대해 풍상측 제1열(B2)의 높이에 따른 전후면 풍압계수 분포를 나타내는 것으로, 건물의 종횡비 변화와 상관없이 세대의 수직 위치에 따른 풍압계수 변화가 거의 나타나지 않았다.

이와 같은 결과를 통해, 측면풍 조건에서는 건물의 위치나 세대의 높이와 상관없이 전후면에 전체적으로 풍압계수의 평균값을 적용할 수 있음을 알 수 있다.

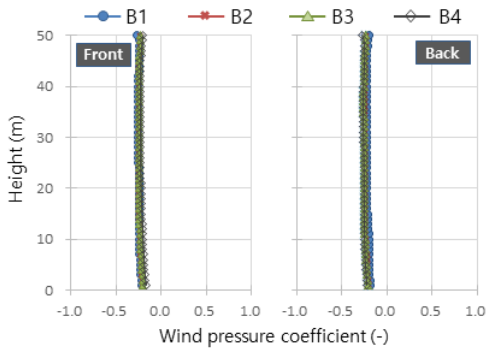


Fig. 6. Cp distribution (B1~4, Case 2, WA=90°)

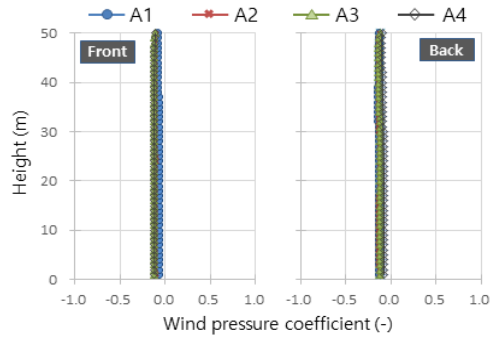


Fig. 7. Cp distribution(A1~4, Case 2, WA=90°)

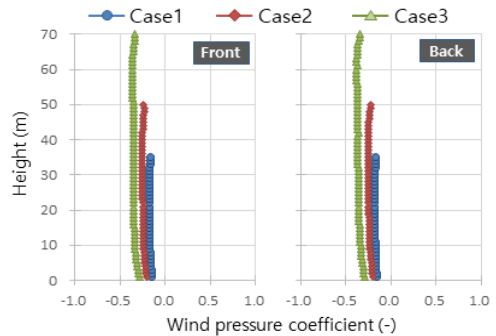


Fig. 8. Cp distribution (B2, Case 1~3, WA=90°)

3) 풍향각 = 45°

Fig.9, 10은 풍향각 45도 조건에서 Case 2의 B열 및 A열에 대한 높이에 따른 풍압계수 산출결과를 각각 나타낸다.

상대적으로 A열 보다 풍상측에 위치한 B열의 배면에서는 세대의 수직위치에 따른 풍압계수 변화가 거의 나타나지 않았으며 대부분의 동에서 -0.5에 가까운 값을 보였다. 전면에서는 세대의 수직위치에 상관없이 가장 풍상측에 위치한 B1동은 +0.5, 나머지 동은 대부분 0에 가까운 값을 보이다가 40m 이상의 상층부에서 값이 작아지는 경향을 보였다.

한편, 풍하측에 위치한 A열의 배면에서는 B열과 유사하게 전체적으로 -0.5를 중심으로 세대의 수직위치에 따른 풍압계수 변화가 크지 않았다. 반면에 전면에서는 동의 위치 및 세대의 수직위치에 따라서 풍압계수에 일정한 패턴이 나타나지 않았다.

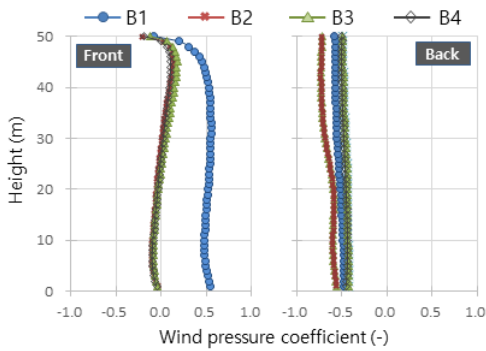


Fig. 9. Cp distribution (B1~4, Case 2, WA=45°)

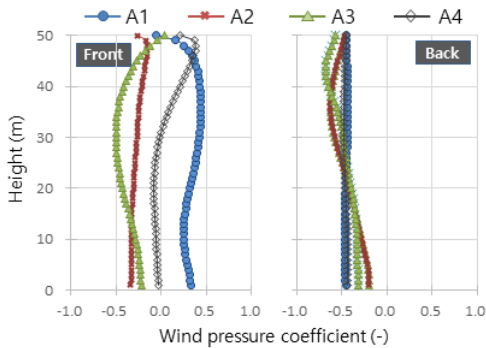


Fig. 10. Cp distribution (A1~4, Case 2, WA=45°)

3.2 2열 횡대 배치 (Case 4~6)

2열 횡대로 동을 배치한 조건에서도 기본적으로 2열 종대 조건에서 나타난 풍압계수 특성이 유사하게 나타났다. 즉, 정면풍 조건에서는 풍상측 제1열 정면에서 역S자 형태의 분포를 보였고, 측면풍 조건에서는 전후면 풍압계수가 거의 동일한 수준을 보였으며, 풍향각 45도 조건에서는 풍상측 제1열을 제외하고 나머지 동에서는 일정한 패턴이 나타나지 않았다. 이에 본 절에서는 지면 관계상 정면풍(풍향각=0°) 조건에 대한 풍압계수 분포의 특성에 대해서만 제시하고자 한다.

Fig.11은 정면풍 조건의 Case 5에 대하여, 풍상측 제1열에 위치한 4개 동의 높이에 따른 풍압계수 산출결과를 나타낸다. 정면에서는 2열 종대 배치와 마찬가지로 역S자 형태의 풍압계수 분포가 나타났으며, 배면에서는 높이에 따른 변화가 크지 않았다(평균 -0.74).

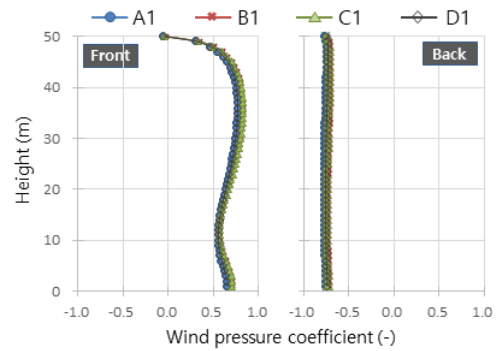


Fig. 11. Cp distribution (A1, B1, C1, D1, Case 5, WA=0°)

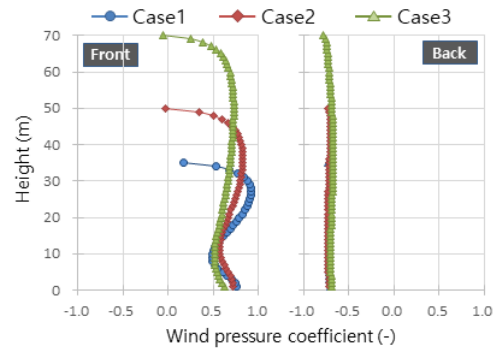


Fig. 12. Cp distribution (B1, Case 4~6, WA=0°)

Fig. 12는 Case 4~6에 대해 풍상측 제1열(B1)의 높이에 따른 풍압계수 분포를 나타낸다. 2열 종대 배치와 마찬가지로 정면에서는 건물의 종횡비가 다른 모든 Case에서 역S자 형태의 풍압계수 패턴이 나타난 반면, 배면에서는 세대의 수직위치와 상관없이 일정한 풍압계수 분포를 보였다.

Table 3은 풍상측 제1열에 위치한 동 정면의 풍압계수를 모형화한 내용을 나타낸다. 2열 종대 배치와 마찬가지로 저층부에 위치한 첫 번째 변곡점은 건물의 높이가 다른 3개의 Case에서 모두 약 11m의 높이(층고를 2.8m로 가정할 경우, 4층 세대의 바닥 높이)에 위치하였으나, 두 번째 변곡점의 위치는 건물의 높이에 비례하여 높아지는 경향을 보였다. 표의 식은 건물의 높이(H)에 따른 두 번째 변곡점의 높이(y)와의 관계에 대해 도출한 추세식을 나타낸다.

Table 3. Specification of Cp
(front facade of the first building on windward)

Description	Height (m)	Cp
building height	H	0.03
2nd inspection	$y = 0.0034H^2 + 0.3491H + 10.813$	0.80
1st inspection	11	0.51
1st floor	1	0.68

3.3 풍압계수 유형화

Table 4, Table 5는 전술한 분석 내용을 종합하여 각각 2열 종대 및 2열 횡대 배치 조건에 따른 풍압계수를 유형화한 결과를 나타낸다.

기본적으로 정면풍(풍향각 = 0°) 조건에서 풍상측 제1열에 위치한 건물의 정면에 대해서는 각각 Table 2, 3에 제시된 풍압계수의 모형을 적용하고, 다른 조건에 대해서는 모두 풍압계수의 평균값을 적용하였다.

참고로, 여기에 제시되지 않은 풍향각의 풍압계수에 대해서는 3가지 풍향각과 각각 대칭(0° = 180°, 45° =

135°, 225°, 315°, 90° = 270°)이면서 풍상측의 방향이 바뀌는 조건으로 고려하여 표의 풍압계수를 인용할 수 있다.

4. 결론

CFD 분석을 통해 판상형 고층 집합 건물의 동 배치 및 종횡비에 따른 풍압계수의 특성을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 풍향각 0도의 경우 가장 풍상측에 위치한 건물의 정면에서는 좌우가 반전된 S자 형태의 풍압계수 분포가 나타났으며, 최하층, 최상층 및 2개의 변곡점에 해당하는 풍압계수는 건물의 높이와 관계없이 비교적 근사한 값을 보였다. 저층부의 변곡점은 약 11m 높이에 형성되었으며, 고층부의 경우 건물의 높이에 비례하는 추세식을 통해 산출 가능함을 확인하였다.
- 2) 풍향각 90도 조건에서는 모든 동에서 전후면 모두 세대의 수직위치와 상관없이 일직선에 가까운 풍압계수 분포를 보였으며, 정면과 배면의 풍압계수가

Table 4. Averaged Cp value (Building array 2×4)

Bldg.	Front/Back	Wind angle								
		H = 35m			H = 50m			H = 70m		
		0	45	90	0	45	90	0	45	90
A1	F	Table2	0.25	-0.07	Table2	0.33	-0.08	Table2	0.33	-0.11
	B	-0.71	-0.44	-0.10	-0.66	-0.45	-0.13	-0.51	-0.43	-0.12
A2	F	-0.72	-0.24	-0.10	-0.67	-0.28	-0.11	-0.52	0.01	-0.13
	B	-0.45	-0.31	-0.11	-0.40	-0.45	-0.13	-0.25	-0.39	-0.14
A3	F	-0.44	-0.37	-0.10	-0.38	-0.36	-0.12	-0.19	-0.11	-0.13
	B	-0.25	-0.30	-0.10	-0.16	-0.47	-0.12	-0.09	-0.54	-0.14
A4	F	-0.20	-0.29	-0.10	-0.11	0.05	-0.12	0.02	-0.19	-0.12
	B	-0.23	-0.27	-0.08	-0.20	-0.46	-0.08	-0.14	-0.35	-0.13
B1	F	Table2	0.45	-0.16	Table2	0.49	-0.25	Table2	0.51	-0.33
	B	-0.71	-0.44	-0.16	-0.66	-0.53	-0.22	-0.51	-0.33	-0.33
B2	F	-0.72	-0.14	-0.17	-0.67	-0.01	-0.25	-0.52	0.25	-0.35
	B	-0.45	-0.40	-0.18	-0.40	-0.65	-0.24	-0.25	-0.38	-0.36
B3	F	-0.44	0.06	-0.17	-0.38	0.02	-0.24	-0.19	0.23	-0.35
	B	-0.25	-0.42	-0.17	-0.16	-0.45	-0.25	-0.09	-0.49	-0.35
B4	F	-0.20	0.01	-0.15	-0.11	-0.01	-0.22	0.02	0.18	-0.33
	B	-0.23	-0.63	-0.16	-0.20	-0.47	-0.25	-0.14	-0.56	-0.33

Table 5. Averaged Cp value (Building array 4×2)

Bldg.	Front/Back	Wind angle								
		H = 35m			H = 50m			H = 70m		
		0	45	90	0	45	90	0	45	90
A1	F	Table3	0.30	-0.06	Table3	0.33	-0.08	Table3	0.31	-0.10
	B	-0.75	-0.43	-0.07	-0.76	-0.42	-0.10	-0.63	-0.44	-0.13
A2	F	-0.75	-0.19	-0.07	-0.74	-0.07	-0.09	-0.62	-0.01	-0.12
	B	-0.48	-0.29	-0.06	-0.51	-0.33	-0.08	-0.35	-0.29	-0.11
B1	F	Table3	0.34	-0.05	Table3	0.40	-0.06	Table3	0.38	-0.09
	B	-0.71	-0.46	-0.05	-0.72	-0.41	-0.07	-0.70	-0.37	-0.09
B2	F	-0.72	-0.24	-0.05	-0.73	-0.15	-0.06	-0.69	0.10	-0.08
	B	-0.44	-0.35	-0.05	-0.42	-0.49	-0.07	-0.31	-0.37	-0.10
C1	F	Table3	0.32	-0.04	Table3	0.39	-0.05	Table3	0.44	-0.06
	B	-0.70	-0.50	-0.05	-0.74	-0.41	-0.07	-0.71	-0.39	-0.06
C2	F	-0.71	-0.29	-0.05	-0.76	-0.13	-0.06	-0.70	0.11	-0.05
	B	-0.43	-0.45	-0.05	-0.42	-0.63	-0.05	-0.31	-0.46	-0.07
D1	F	Table3	0.44	-0.13	Table3	0.49	-0.22	Table3	0.57	-0.29
	B	-0.75	-0.65	-0.14	-0.75	-0.60	-0.19	-0.63	-0.36	-0.30
D2	F	-0.75	-0.27	-0.14	-0.74	-0.04	-0.19	-0.63	0.25	-0.30
	B	-0.49	-0.92	-0.14	-0.50	-0.87	-0.22	-0.35	-0.56	-0.29

거의 같은 수준을 보였다.

- 3) 풍향각 45도 조건을 제외하면 대부분의 조건에서 풍압계수의 평균값을 적용 가능함을 확인하였으며, 풍상측 제1열의 정면에 대해서는 모형화 방안을 제시하였다.

본고는 탑상형 공동주택을 대상으로 8방위의 풍향각을 고려한 제한적인 조건의 연구 결과로, 추후 탑상형 및 L자형 공동주택을 포함한 다양한 유형의 공동주택 단지를 대상으로 15도 간격의 풍향각 조건을 고려하여 보다 실제적인 풍압계수 분포에 대한 연구를 수행할 예정이다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Land (2020). Infrastructure and Transport, Regulations for Equipment Standard of Building, Article 11.
- [2] Ministry of Land (2020). Infrastructure and Transport, Regulations for Equipment Standard of Building, Attached Table 1-3.
- [3] M. Orme, M.W. Liddament & A. Wilson. (1998) Numerical Data for Air Infiltration & Natural Ventilation Calculations, *Technical Note AIVC 44*, 82-87.
- [4] M. Orme & N. Leksmono. (2002) Ventilation Modeling Data Guide, *AIVC Guide 5*, 63-66.
- [5] D. Mu, N. Gao & T. Zhu. (2016). Wind Tunnel tests of Inter-flat Pollutant Transmission Characteristics in A Rectangular Multi-storey Residential Building, Part A : Effect of Wind Direction, *Building and Environment*, 108, 159-170.
- [6] D. Mu, C. Shu, N. Gao & T. Zhu. (2017). Wind Tunnel tests of Inter-flat Pollutant Transmission Characteristics in A Rectangular Multi-storey Residential Building, Part B : Effect of Source Location, *Building and Environment*, 114, 281-292.
- [7] W. J. Jo & J. Y. Sohn. (2007). Distribution Characteristic of Seasonal Wind Pressure of an Apartment Complex by Wind Tunnel Test. *Journal of the Architectural Institute of Korea (Planning & Design)*, 23(8), 237-245.
- [8] S. H. Kim, S. W. Yoon & S. D. Kim. (1995) A Study of the Wind Pressure Coefficient for Tall Buildings, *Proceeding of Architectural Institute of Korea*, 15(2), 427-430.
- [9] D. S. Shin, J. H. Park, B. M. Kang, E. M. Kim, H. J. Lim & J. Y. Lee. (2016). A Study of Wind Pressure Distribution for A Rectangular Building Using CFD, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 28(1), 1-6.
- [10] J. I. Lee & J. O. Yoon. (2014). Simulations of Wind Pressure Coefficient at Windward Wall and Leeward Wall of Apartment Buildings, *Proceeding of Architectural Institute of Korea (Spring Conference)*, 34(1), 239-240.
- [11] H. Yoon, S. T. No & K. S. Kim. (2009). A Study about Natural Ventilation Analysis Methods for Apartment Buildings Using CFD, *Journal of the Architectural Institute of Korea (Planning & Design)*, 25(6), 221-228.
- [12] J. Burnett, M. Bojić & F. Yik. (2005). Wind-induced Pressure at External Surfaces of A High-rise Residential Building in Hong Kong, *Building and Environment*, 40, 765-777.
- [13] S. H. Suh, K. Y. Lee, S. S. Yoo & H. W. Roh. (1995). Determination of Wind Pressure Coefficients around Prismatic Structures with Different Aspect Ratios, *Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering*, 7(1), 52-62.
- [14] J. S. Choi, E. J. Kim & S. H. Yoon. (2019). A Study on the Comparison of Wind Pressure Coefficient and Natural Ventilation Performance According to the Layout of Apartment Complex, *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, 13(5), 315-324.
- [15] J. S. Choi, E. J. Kim & S. H. Yoon. (2021). A Study on the Wind Pressure Coefficients and Natural Ventilation Performance of Apartment Complexes Considering Wind Direction and Building Layout, *Journal of the Korean Solar Energy Society*, 41(2), 39-49.

윤 성 훈(Seong-Hoon Yoon)

[정회원]



- 2013년 8월 ~ 현재 : 남서울대학교 건축공학과 교수
- 관심분야 : 건물에너지, 환기/공조시스템
- E-Mail : aquila@nsu.ac.kr