

공동주택에 적용된 Shaft Box형 발코니의 환경성능 검토

An Investigation of Environmental Performance on Shaft Box Type Balcony Adopted to Apartment Building

노 지 웅*
Roh, Ji Woong

Abstract

This study focus on shaft box facade, special form of box window construction. It consists of a system of box window with continuous vertical shafts that extend over a number of stories to create a stack effect. The subject building was decided by analyzing various types of exiting apartments. Shaft box type balcony was devised by setting up shaft space at a part of balcony. Air flow and indoor air temperature were simulated, performance of shaft box type balcony was compared with existing types using VE computer simulation program.

Research consequence can be summarized as follow:

1) In the case of existing types, the change of window opening rate has only a little effect on the improvement of indoor temperature. But, air flow rate increased two times in the case that changed opening rate 20% to 40%

2) In the case of existing types, the growth of air flow rate has little effect on the improvement of indoor temperature. But, shaft box type represented the remarkable effect on the improvement of indoor temperature as well as the growth of air flow rate.

키워드 : 공동주택, 샤프트 박스형, 컴퓨터 시뮬레이션, 환경성능

Keywords : Apartment, Shaft box type, Computer simulation, Environmental performance

1. 서 론

1.1. 연구의 배경

최근 월드 뉴스를 통하여 지구온도의 지속적인 상승에 대한 통계자료와 세계 곳곳의 온난화 현상이 보도된 바 있다. 지구 온난화는 이미 학계를 통하여 오래전부터 보고된 현상으로 새삼스러운 일도 아닌 것으로 치부되고 있다. 우리나라에서도 이른 폭염과 게릴라성 폭우 등을 겪으며 점차 아열대성 기후로 변화되어가고 있음이 경고되고 있다. 지구 온난화에 대비하여 선진국에서는 2010년부터 2020년까지 모든 신축건물의 제로 에너지 구현을 목표로 하여 다양한 에너지 절감대책과 제도적 지원장치를 마련하여 관과 민이 적극적인 노력을 기울이고 있다.

우리나라에서는 국가에서 시행중인 에너지 효율등급 인증제나 친환경 건축물 인증제도 등 제도적 장치를 통하여 신축건물의 온실가스 저감을 유도하고 있는 상황으로 관 주도라는 인식을 지우기 힘든 실정으로 민간의 보다 적극적인 참여가 요구되고 있다. 당연히, 신축건물에 적용되는 에너지 감축방안도 단열재, 창호, 고효율 설비, 신재생 에너지 설비 등 인증제도에서 규정하고 있는 몇가지 항목에

국한되어, 보다 다양하고 다각적인 접근이 없다면 이를 수 있는 절감목표도 한정적일 수밖에 없을 것이다.

자연채광이나 자연환기와 같은 패시브 수법은 적은 투자로 큰 효과를 이룰 수 있는 에너지 절감방안이지만 인증제도에서 제대로 반영되지 않거나 오히려 불리하게 평가되기도 하여 기피되거나 후순위로 밀려나는 문제점이 발생하고 있다.¹⁾ 패시브 수법에 대한 적용기술과 평가기술, 그리고 평가제도상의 보완 등을 통하여 전세계적으로 오랫동안 주목해온 에너지 절감수법의 위상을 재정립시켜야 할 것이다.

1.2. 연구 목적 및 방법

본 연구는 자연환기를 이용하여 공동주택의 냉방 에너지를 절감하고자 이른바 샤프트 박스(Shaft Box)형 발코니의 성능을 검토하는데 그 목적을 두고 있다. 발코니의 일부에 환기용 샤프트를 설치하여 굴뚝효과에 의해 유도된 자연환기가 중간기 및 하절기(5월~10월)의 냉방 에너지 저감에 얼마나 효과적인지를 검토하였다. 금번연구에서는 선행연구²⁾에서 설정한 모델에 대하여 외부창의 개구율

* Dept. of Architectural Engineering Hongik Univ. South Korea
(jwroh@hongik.ac.kr)

1) 손원득, 안형준, “친환경/에너지 절약형 건축물 제도와 발전방향”, Journal of KARSE 제29권 제9호, 2012.9

2) 노지웅, “공동주택에 대한 샤프트 박스형 이중외피의 적용에 관한 연구”, 한국생태환경건축학회논문집 Vol.13 No.1, 2013.2

을 조절하며 실내온도와 환기량 등의 변화를 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 검토하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 도구는 열부하와 구간별 환기량 등의 산출에 많이 이용되는 VE (Virtual Environment) 프로그램을 사용하였다.

2. 시뮬레이션 개요

선행연구에서 설정한 기본모델인 33평형 공동주택의 발코니에 환기용 샤프트를 적용한 대상건물에 대하여 에너지 해석 프로그램인 VE(Virtual Environment)를 이용하여 에너지 성능을 분석하였다. VE는 영국의 IES(Integrated Environmental Solutions) 사가 개발한 통합 시뮬레이션 프로그램으로서, 열 시뮬레이션을 'Apache-sim', 빛환경 시뮬레이션을 위한 'Radiance', 일사분석을 위한 'SunCast', 모델을 묘사하기 위한 3D 제작도구인 'ModelIt' 등이 있다.

2.1. 대상건물 개요

본 연구의 대상건물은 정남향의 전용면적 85㎡의 공동주택으로 각 실의 배치는 Fig. 1과 같다. 적용된 자연형 환기시스템의 개념은 샤프트의 굴뚝효과에 의해 외부창을 통해 외기가 유입되며 발코니-거실간의 창을 통해 거실로 유입된다. 거실과 각 실에 정체된 공기는 다시 발코니-거실간의 창을 통해 발코니로 유출되며 발코니-샤프트간 개구부를 통하여 실외로 배출된다. 외부창은 외피 하단부분에 6.0m×0.3m의 규모로 설치하였고, 발코니와 거실간에는 상, 하로 각각 2.7m×0.3m의 창을 설치하였다. 7개층 단위로 설정된 수직 샤프트와 발코니간에는 1.2m×0.6m의 환기구를 설정하였고, 수직 샤프트의 배기구는 0.9m×0.9m로 설정하였다(Fig. 2 참조). 또한, 수직 샤프트는 일사에 의한 가열효과를 최대한 높이기 위해 전면을 차폐 계수 0.86인 6mm일반유리를 적용하였고 창틀의 면적비는 5%로 설정하였다.

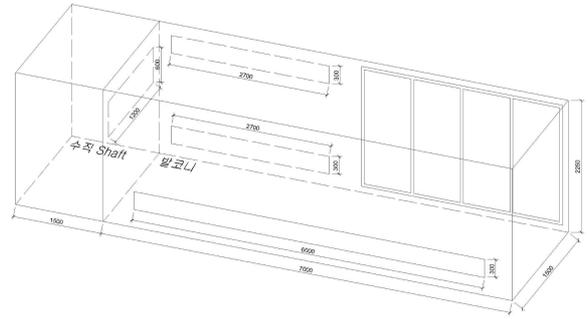


Fig. 2. Shaft box type balcony

대상건물에 대하여 VE(Virtual Environment) 프로그램의 3D 모델 묘사 기능 프로그램 'Model IT'를 이용하여 대상건물을 모델링하였다. 대상건물의 이미지는 Fig. 3과 같다.

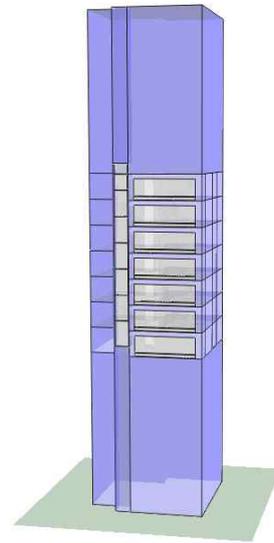


Fig. 3. Model image

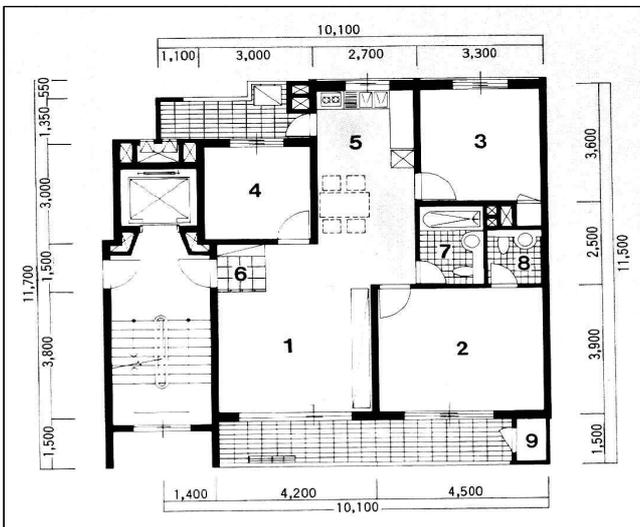


Fig. 1. Plan of model

2.2. 시뮬레이션 조건

대상건물을 구성하는 외벽 및 유리의 물성치는 Table 1, 2와 같다. 시뮬레이션은 냉방기인 5월 1일부터 10월 31일까지 총 4416시간에 대하여 실시하였고, 중간기인 5월 중 최대 냉방부하가 발생하는 날에 대하여 시간별 온도분포와 환기패턴을 분석하였다. 기상자료는 태양에너지 학회에서 제공하는 서울지역 표준 기상데이터를 사용하였고 내부발열 등 계산조건은 VE 프로그램에서 제공하는 기준 공동주택 데이터를 적용하였다(Table 3 참조). 즉, 냉방 설정온도는 26℃, 내부 발열량은 기기 2.69 W/m², 조명 7.53 W/m², 인체는 현열 73.3 W/人, 잠열 58.6 W/人을 적용하였다.

Table 1. Property of exterior wall materials

material	thickness [mm]	conductivity [W/m·K]	specific heat [J/kg·K]
mortar	25	1.4	900
concrete	150	1.3	1000
insulation	10	0.035	1470
plaster(dense)	9	0.18	870
light concrete	100	0.19	1000

Table 2. Property of glass

material	thickness [mm]	conductivity [W/m·K]	Transmittance(%)	g-value
clear float	6	1.06	0.78	0.71
cavity	10	0.001	-	
clear float	6	1.06	0.78	

Table 3. Simulation condition

	condition	
set temperature	26(°C)	
internal gain	machine	2.69 [W/m ²]
	light	7.53 [W/m ²]
	person	sensible : 73.3 [W/person] latent : 58.6 [W/person]
wether data	korean solar energy society(seoul region)	

고도에 따른 풍속을 고려하기 위한 계산식은 power law wind profile(Liddament 1986) 식을 이용하였다.

$$v = u_{10}Kh^a \quad (1)$$

단, v : 참조 풍속(m/s), h : 높이(m)
 u_{10} : 10m에서 측정된 풍속(m/s)

(1)식에 사용된 K, a 값은 ASHRAE Handbook of Fundamentals(2001) 에서 도심지에 해당하는 데이터를 참조하여 각각 0.33, 0.2099 로 설정하였다.

3. 시뮬레이션 결과 분석

3.1. 시뮬레이션 Cases

선행연구에서 선정된 공동주택 대상모델에 대하여 환기용 수직 샤프트를 설치한 경우를 기본 Case로 하여 발코니 외피 창만으로 자연환기를 하는 경우에 개폐율을 달리한 4가지 Case와 비교, 검토하였다. 기본 Case는 외피 창의 개폐율을 10%로 설정하여 외피 창을 통한 급기가 수직 샤프트를 통해 배기되는 자연환기 시스템으로 구상되었다. 이에 비해 Case 2, 3, 4, 5는 단순히 창 개폐율을 10, 20, 40, 60%로 증가한 경우로서 총 5개 Case에 대하여 실내온도와 환기량을 도출하였다.

Table 4. Simulation cases

zone	balcony window opening rate (%)	shaft box type natural ventilation
case 1 (standard)	10	adopted
case 2	10	-
case 3	20	-
case 4	40	-
case 5	60	-

3.2. 시뮬레이션 결과

1) 샤프트 박스형 시스템(Case 1)

A. 실내온도

전 7개층 중 3개층의 시간에 따른 실내 온도(거실기준)는 Fig. 4와 같다. 전체적으로 22.8~26.1°C(평균 24.8°C)의 분포를 나타내고 있으며 냉방 설정온도인 26°C를 초과하는 시간도 8시간(3개세대 24시간 기준)으로 전체 시간대의 11.1%를 차지하는 것으로 나타났다.³⁾ 시간대별로는 오전 6시에 최저치를, 오후 7시에 최고치를 나타내고 있으며, 11F를 기준으로 발코니 온도는 21.0~31.2°C, 수직 샤프트 내부온도는 20.7~32.4°C로서 오전 0시부터 8시까지는 발코니 온도보다 낮지만 오전 10시부터는 일사의 영향으로 발코니보다 더 높은 온도를 보였다.⁴⁾

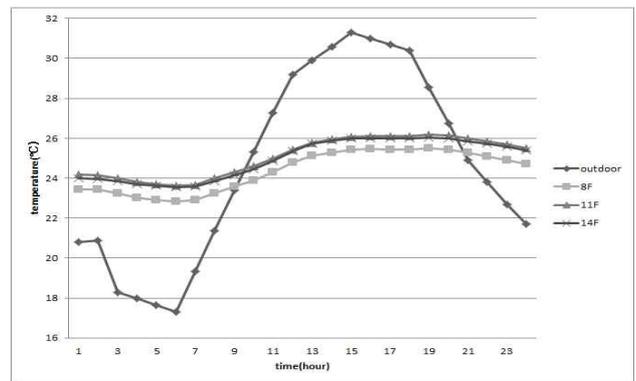


Fig. 4. indoor temperature(case 1)

B. 환기량

실내온도가 층별, 시간별로 큰 편차를 보이지 않는데 비해 환기량은 매우 큰 차이를 나타냈다. 발코니 창을 통한 환기량의 시간변화를 Fig. 5에 나타냈다. 가장 두드러진 특징은 최저층과 중간층인 8층과 11층에서는 전 시간대에 걸쳐 발코니 창을 통하여 외기가 유입되는데 이는 당초 구상한 대로 샤프트 박스내의 부력에 의해 자연환기 시스템이 작동되고 있음을 보여준다. 그러나, 최상층인 14층에서는 외기의 유출입이 시간대에 따라 크게 변화하고 있다. 즉, 14시~21시 사이에 유입되었던 외기가 21시 이후부터 유

3) 선행연구에서 창을 닫은 상태(침기량 0.35 ACH)를 계산한 결과, 실내 온도는 25.2°C~26.3°C를 나타냈다.

4) 상세한 내용은 선행연구(한국생태환경건축학회논문집 Vol.13 No.1) 참조

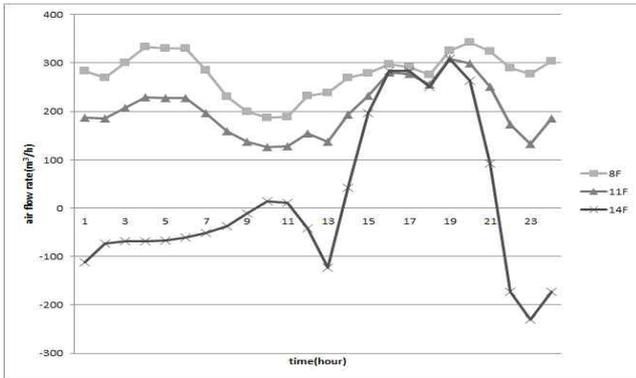


Fig. 5. air flow rate through the balcony window(case1)

출로 급격하게 바뀐 후 환기량도 크게 감소하는 양상을 나타냈다. 이는 샤프트 박스의 유출입구 간 거리가 짧아 발코니 창을 통해 외기를 유입시키기에 충분한 굴뚝효과가 이루어지지 않았기 때문으로 사료된다.

Fig. 6은 14층에 대한 샤프트 박스와 발코니, 각 실간의 환기특성을 나타낸 것으로 발코니 창의 공기유입이 유출로 바뀌며 환기량도 감소한 오후 10시의 상황을 보여주고 있다. 샤프트 박스는 배기장치로서는 전혀 작동하지 않고 오히려 샤프트 박스에서 발코니로 유입된 공기가 발코니 창으로 유출되는 양상을 보이고 있다.

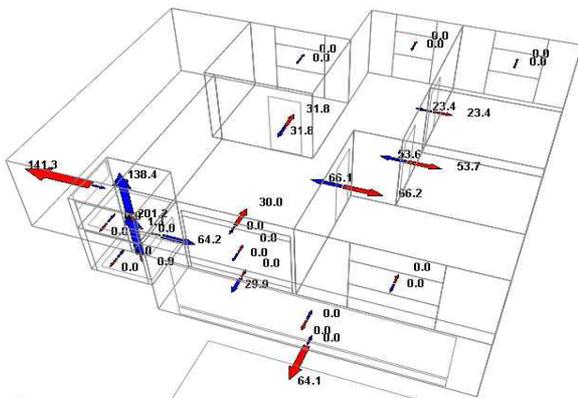


Fig. 6. air flow rate in the model (14F, pm 10)(case1)

그러나, 14층에서의 공기유출입의 변화에도 불구하고 14층의 실내온도는 8층보다는 약간 높지만 11층보다는 낮게 유지되고 있다. 결국, 실내온도가 가장 높게 올라가는 시간대에는 샤프트 박스를 통한 환기력이 작용하여 실내 정체를 효과적으로 배출하고 있는 것으로 분석된다.

2) 외피 창 개구율의 영향(Case 2~5)

A. 실내온도

Fig. 7, 8, 9, 10에 Case 2~5에 대한 외기온도와 실내온도(거실기준)를 나타냈다. 22.8~26.1℃(평균 24.8℃)의 분포를 나타낸 Case 1(샤프트 박스형)에 비해 Case 2를 기준으로 24.0~27.6℃(평균 25.9℃)를 나타냈다. 평균온도 기준으로 1.1℃가 높고, 냉방 기준온도 초과시간도 Case 1의 8시간(11.1%)에 비해 38시간(52.8%)으로 매우 높게 나타

나 발코니 창의 환기량만으로는 실내에 정체된 열을 효과적으로 제거하지 못하는 것으로 분석되었다.

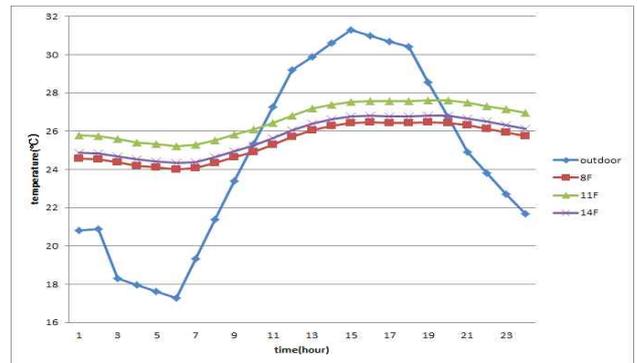


Fig. 7. indoor temperature(case2)

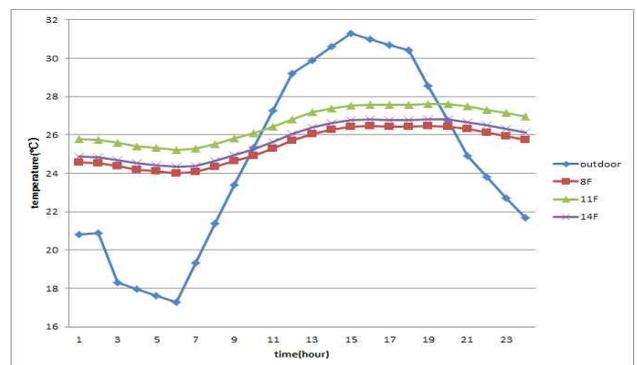


Fig. 8. indoor temperature(case3)

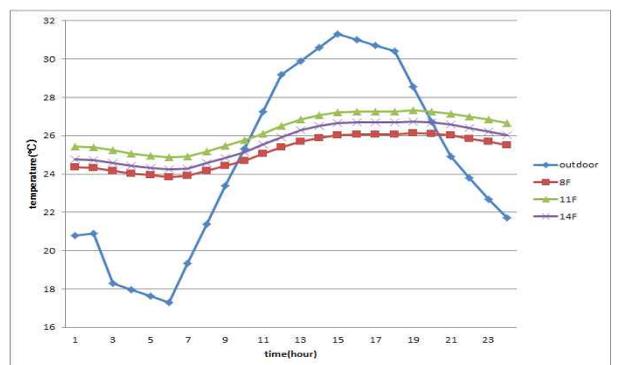


Fig. 9. indoor temperature(case4)

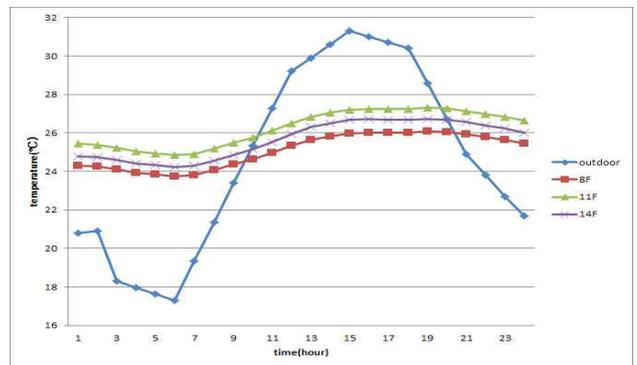


Fig. 10. indoor temperature(case5)

발코니 창 의 개구율을 10%로 설정한 Case2에 비하여 개구율을 20%로 증가시킨 Case 3의 실내온도는 Case2와 거의 변화가 없으며 이는 환기량의 변화가 거의 없는데서 기인한 것으로 판단된다. 개구율을 40%로 증가시킨 Case 4의 경우에는 평균온도 25.7℃, 냉방 기준온도 초과시간 33시간으로 약간 감소하였지만 뚜렷한 효과를 나타냈다고 보기 어려운 결과로 사료된다. 개구율을 60%로 증가시킨 Case 5의 경우, 평균온도 25.65℃, 냉방 기준온도 초과시간 31시간으로 역시 뚜렷한 개선효과를 나타내지 않았다.

B. 환기량

발코니 창 의 개구율 변화에 따른 환기량의 시간변화를 중간층인 11층을 기준으로 하여 Fig. 11에 나타냈다. 계산 결과, Case 2(개구율 10%)와 Case 3(개구율 20%) 사이에는 별다른 차이를 나타내지 않았고, 또한 Case 4(개구율 40%)와 Case 5(개구율 60%) 역시 유사한 결과를 보이고 있다. 평균 환기량은 Case 2가 64.8 (m³/h), Case 3이 65.5 (m³/h), Case 4, 5가 130.1 (m³/h)를 나타냈다. 이는 Case 1의 203.9 (m³/h)에 비하여 적은 양이지만 주목해야 할 것은 Case 4, 5가 Case 2, 3에 비해 두배 정도의 환기량이 증가했지만 실내온도 개선효과는 매우 미미했다는 점이다. 이에 비해 Case 1은 발코니 창만으로 환기가 이루어진 Case 2~5에 비해 환기량의 증가는 물론이고 실내온도도 매우 뚜렷한 개선효과를 보이고 있다. 즉, 환기량의 증가만으로는 실내 정체열을 효과적으로 제거할 수 없으며 특히 이번 연구와 같은 자연형 환기시스템의 경우에는 그 시스템의 매카니즘이 중요한 역할을 한다는 것을 나타내는 결과로 사료된다.

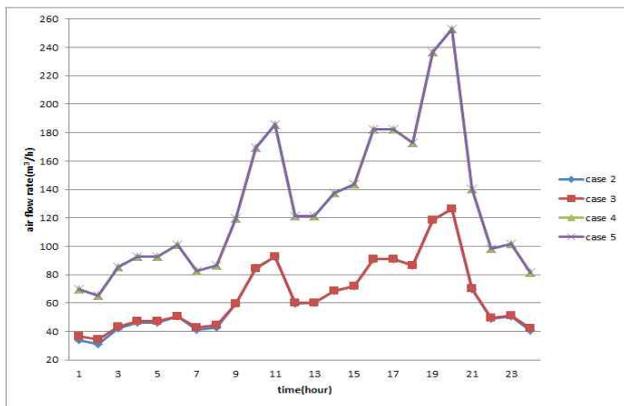


Fig. 11. air flow rate throw the balcony window(case2~5)

이상의 계산결과를 종합하여 Table 5에 나타냈다. 샤프트 박스형인 Case 1이 환기량의 증가와 더불어 온도조절에도 매우 탁월한 성능을 나타냈고, 단순한 개폐면적의 증가는 부분적으로 환기량이 증가할 수는 있지만 온도조절 성능으로 이어질 수 없음을 보여주고 있다.

Table 5. Simulation results

case	indoor temperature		air flow rate	
	average (°C)	cooling set temp. excess hour(rate)	average (m ³ /h)	variation (%)
1	24.8	8(11.1%)	203.9	-
2	25.9	38(52.8%)	64.8	- 68.2
3	25.9	37(51.4%)	65.5	- 67.9
4	25.6	33(45.8%)	130.1	- 36.2
5	25.6	31(45.8%)	130.1	- 36.2

4. 결론

본 연구에서는 공동주택의 샤프트 박스형 발코니 적용에 관한 연구의 일환으로서 발코니 창만으로 자연환기를 실시하는 일반형과 샤프트 박스형의 환경성능을 비교, 검토하였다. 이때, 일반형의 발코니 창은 개구율을 각각 10%, 20%, 40%, 60%로 설정하여 실내온도와 환기량의 시간변화를 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 도출하였다.

주요결과는 다음과 같다.

- 1) 일반형의 경우, 금번에 검토한 범위내에서는 개구율 변화가 실내온도의 개선에 미치는 효과는 매우 미미하였다. 단, 환기량은 개구율 20%에서 40%로 증가할 경우 환기량이 두배정도 증가하였다. 그러나, 10%와 20%, 그리고 40%와 60%일때의 환기량 변화는 거의 나타나지 않았다.
- 2) 일반형의 경우에는 환기량의 증가로 인한 실내온도 개선효과는 매우 미미한 수준이었다. 그러나, 샤프트 박스형은 환기량의 증가는 물론이고 실내온도도 매우 뚜렷한 개선효과를 나타냈다.
- 3) 환기량의 증가만으로는 실내 정체열을 효과적으로 제거할 수 없으며 자연형 환기시스템의 경우에는 그 시스템의 매카니즘이 중요한 역할을 한다는 것을 확인하였다.

References

[1] Kim dong ho, kang myung won, Aha seo jin, Leigh seung bok, A study on energy savings potential for cooling in high-rise residential complex using cross ventilaten twin skin facade, Proceedings of the society of air-conditioning and refrigeration engineering, 2001

[2]Shin seon joon, Jo jae hun, Seok ho tae, Kim kwang woo, A study on the cavity height of multi-story double skin facade for better thermal performance, Journal of the korean solar energy society vol.25 no. 2, 2005

[3] Lee keon ho, Kim hyeon soo, Ko yung woo, Son young joo, Experimental study on natural ventilation performance of double facade system in heating period, Journal of the korea institute of ecological architecture and environment, vol.6 no. 2, 2006.6

[4] Cho soo, Im hwa suk, Sung uk ju, Park jeong hwan, Sim kyung jong, Han chan hun, Analysis on intermediate space temperature of multi-story double skin facade system according to the change of insolation, Proceedings of the society of air-conditioning and

- refrigeration engineering, 2010
- [5] Won hyun seung, Oh sang mok, Oh se gyu, Double skin facade's cooling effects on indoor temperature of apartment's room, Journal of the architectural institute of korea region union vol. 11 no. 4, 2009.12
- [6] Kim chi wan, Lim tae gun, Ahn young chull, A numerical analysis on the indoor ventilation by stack effect and outdoor wind in a high-rise residential building, Korean journal of air-conditioning and refrigeration engineering vol.23 no.12, 2011
- [7] Jang yong sung, Suh seung jik, Park hyo soon, Performance analysis of a natural ventilation system equipped with wall, Journal of the architectural institute of korea vol. 20 no. 6, 2004.6
- [8] Shin hyun kook, Choe yun jeong, Cho hyun, Jo jae hun, Analysis of the impacts of stack effect in vertical shafts with the condition of passive cooling, Proceedings of korean institute of architectural sustainable environment and building system, 2012.3
- [9] Lee june ho, Seo jung min, Lee joong hoon, Song Doo sam, An effect of the stack effect in high-rise residential building on contaminant diffusion, Proceedings of the society of air-conditioning and refrigeration engineering, 2010.6
- [10] Jo jae hun, Shin hyun kook, Kim kwang woo, Evaluation of problems and field measurement of stack pressure profiles in the high-rise office building, Journal of the architectural institute of korea vol. 26 no. 7, 2010.7
-

투고(접수)일자: 2013년 7월 27일

수정일자: (1차) 2013년 8월 13일

게재 확정일자: 2013년 8월 19일