

공동주택에 대한 Shaft Box형 이중외피의 적용에 관한 연구

A Study on Application of Shaft-box Type Double Skin to Apartment Building

노 지 웅*

Roh, Ji Wooung

Abstract

The balcony of our apartment building consists of unique construction similar to double skin. It is announced broadly that double skin is very effective system in improvement of natural ventilation and indoor thermal environment, and outdoor sound protection. So, for the improvement of indoor climate and energy saving, many peoples studied about environmental performance of our balcony construction.

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. Proto-type was decided by analyzing various types of exiting apartments. Shaft box type balcony was created by setting up shaft space at a part of balcony. Air flow and contribution of air temperature were simulated, performance of shaft box type balcony was compared with existing balcony. Finally, we confirmed that shaft box type balcony has many possibility for improvement of indoor environment.

키워드 : 환기성능, 공동주택, 이중외피, 샤프트 박스형

Keywords : Ventilation Performance, Apartment Building, Double Skin, Shaft-box Facade

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

도시로의 꾸준한 인구유입과 고질적인 주택수급문제가 맞물려 1990년대 이후로 공동주택의 고층화현상이 두드러지게 나타나고 있다. 고층형 공동주택은 외피의 경량화로 인하여 냉난방부하가 증가하여 에너지 비용부담이 커지고 자연환기 이용이 어려우며 결로가 발생하기 쉬운 문제점 등을 안고 있다. 따라서 에너지 절약 방안을 비롯한 다양한 해결방안이 강구되고 있는 실정이나 양적, 질적인 면에서 매우 부족한 실정이다.

이중외피는 단열 성능과 자연환기 성능이 우수하고 소음 차단효과가 뛰어나며 특히, 교통소음이 심한 지역이나 강풍으로 인하여 창이 개폐가 어려운 고층건물 등에 매우 효과적인 에너지 절약기술로서 알려져 있다. 국내에서도 이러한 이중외피 기술의 적용성을 검토하고자 다양한 연구가 진행되고 있다. 김동호¹⁾ 등은 초고층 공동주택의

냉방부하 저감 효과를 분석하였고, 신선준²⁾ 등은 다층형 이중외피의 적정 중공층 높이를 검토하였다. 이건호 등³⁾은 난방기의 자연환기 성능을 실험하였고, 원현성 등⁴⁾은 공동주택 발코니 공간의 적용성을 검토하였다. 이와같은 연구들을 통해 국내에 시공된 다층형 이중외피에서 중공층의 과열과 거주자의 불쾌감 등의 문제가 발생한다고 알려지면서 이후 많은 연구들이 단층형 이중외피에 초점을 맞추게 되었다. 그러나, 박스형의 특수형태인 샤프트 박스형이 굴뚝효과를 이용하여 과열문제를 해결할 수 있는 점을 감안할 때 이와같은 형태의 이중외피에 대한 보다 심도있는 검토가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 교통소음이 심한 지역이거나 또는 강풍으로 인해 직접적인 창 개방이 어려운 초고층형 공동주택에 효과적인 이중외피구조를 탐구하고자 이루어졌다. 검토대상은 기존의 공동주택 발코니부에 환기용 수직 샤프트를

2) 열성능을 고려한 다층형 이중외피의 중공층 높이에 관한 연구, 한국태양에너지학회논문집 Vol.25 No.2, 2005

3) 난방기 중 이중외피시스템의 자연환기성능분석에 관한 실험적 연구, 한국생태환경건축학회논문집 Vol.6 No.2, 2006.6

4) 아파트 발코니공간으로의 이중외피 적용이 난방기 실내 공간 온도에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회연합논문집 Vol.11 No.4, 2009.12

* 주저자, 홍익대학교 교수(jwroh@hongik.ac.kr)

1) 이중외피 시스템의 적용을 통한 초고층 공동주택의 냉방에너지 저감방안에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표회논문집, 2001

설치한 샤프트 박스형 이중외피 구조로서 에너지 시뮬레이션을 통해 굴뚝효과에 의한 실내 온도분포와 환기특성 등을 분석하였다. 금번 연구에서는 팬과 같은 일체의 환기설비를 사용하지 않고 수직 샤프트와 발코니 창을 개방만으로 거둘 수 있는 효과를 검토하고 문제점을 파악하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

자연환기에 의한 냉방은 외기온도가 실내온도(설계온도)보다 낮은 시기(주로 중간기에 해당)에 보다 효과적이다. 냉방기에도 이용이 가능하지만 직접적인 환기보다는 굴뚝효과를 이용해서 정제된 열을 배출하는 것이 효과적인 것으로 알려져 있다. 그러나 실내외측 개구부의 개폐 조절 등을 포함한 주의깊은 배려가 전제되지 않는 한 역효과가 발생할 우려가 크다. 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 중간기의 자연환기에 의한 냉방효과를 검토함과 더불어 발코니부를 중심으로 실내외간에 설치된 환기구, 그리고 수직 샤프트에 설치된 환기구에서의 공기 흐름 특성을 파악하여 문제점을 도출하고 해결방안을 강구하고자 한다. 시뮬레이션 도구는 열부하와 구간별 환기량 등의 산출에 많이 이용되는 VE(Virtual Environment) 프로그램을 사용하였다. 시뮬레이션 대상건물은 기존 사례분석을 통해 일반적인 공동주택 유형을 도출하여 사용하였다.

2. 대상건물 및 시뮬레이션 조건

2.1 대상건물 모델링

본 연구의 대상건물은 정남향의 전용면적 85㎡(32평형)의 공동주택으로 평면구조는 그림 1과 같다. 국내 공동주택이 갖는 발코니가 이중외피 구조와 유사하다는 점에 착안하여 발코니 공간의 한켠에 수직 샤프트를 설치한 형태인 샤프트 박스형 이중외피 구조를 적용하였다(그림 2 참조). 자연환기를 유도할 때 급기구 역할을 하는 발코니의 외부창은 외피 하단부분에 6.0m×0.3m의 규모로 설치하였고, 내피부분(발코니와 거실간)에는 상, 하로 각각 2.7m×0.3m의 창을 설치하여 완충공간인 발코니부를 경유한 외기가 실내로 유입되도록 하였다. 발코니의 일부에는 굴뚝효과를 이용하기 위하여 7개층 단위로 수직 샤프트를 설정하여 상부 환기구(1.2m×0.6m)를 통하여 발코니와 샤프트간에 공기유동이 발생할 수 있도록 하였고, 수직 샤프트의 최상층에는 원활한 환기를 유도하기 위하여 외기와 면하는 환기구(0.9m×0.9m)를 설치하였다.

수직 샤프트는 일사에 의한 가열효과를 최대한 높이기 위해 전면을 차폐 계수 0.86인 6mm일반유리를 적용하였고 창틀의 면적비는 5%로 설정하였다.

2.2 해석조건

에너지 시뮬레이션은 IES 4D사의 VE 프로그램을 사용하였다. VE는 CUI(Common User Interface)와 하나의

IDM(Integrated Data Model)로 연결된 프로그램으로 열과 빛 시뮬레이션과 일사분석 등에 폭넓게 이용되고 있다.

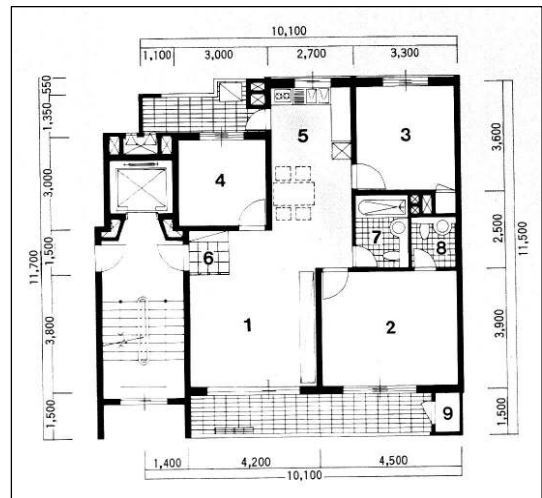


그림 1. 대상모델 평면

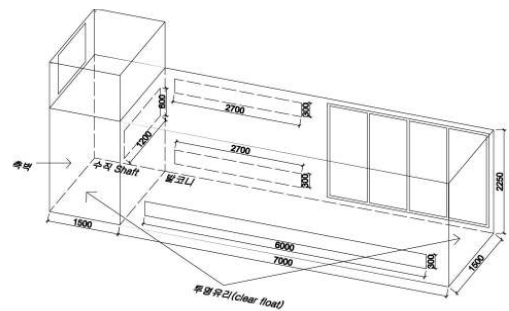


그림 2. 샤프트 박스형 파사드의 개념

1) 벽체 및 창호구성

벽체 구성재료의 물성치는 표 1과 같다. 일반창호는 22mm 복층유리를 적용하였으며 발코니 부분은 표 2와 같이 투명 2중유리를 적용하였다.

표 1. 벽체의 물성치

재료	열전도율 [W/m·K]	밀도 [kg/m ³]	비열 [J/kg·K]
모르타르	1.4	2000	900
콘크리트	1.3	2200	1000
단열재	0.037	25	1470
석고보드	0.18	750	870
경량기포 콘크리트	0.19	500	1000

표 2. 발코니부의 유리특성

	열전도율 [W/m·K]	투과율(%)	Thickness [mm]	u-value
Clear float	1.06	0.78	6	1.98
cavity	-	-	6	-
Clear float	1.06	0.78	6	1.98

2) 시뮬레이션 조건

본 연구에서는 냉방기인 5월 1일부터 10월 31일까지 총 4416시간에 대하여 팬과 같은 일체의 환기설비를 사용하는 않는 조건으로 시뮬레이션을 실시하였다. 또한, 중간기인 5월 중 최대 냉방부하가 발생하는 날에 대하여 시간 온도분포와 상세한 환기패턴을 분석하였다. 기상자료는 태양에너지 학회에서 제공한 기상 데이터를 사용하였고 내부발열 등 계산조건은 표 3과 같이 적용하였다.

표 3. 계산조건

조건	
냉방설정온도	26℃
내부발열	기기 2.69[W/m ²]
	조명 7.53 [W/m ²]
	인체 sensible:73.3 [W/person] latent: 58.6 [W/person]
기상자료	서울(86-05년기준)

3) 시뮬레이션 Case

자연환기의 이용여부, 블라인드 및 샤프트박스의 이용여부 등을 고려하여 총 4가지 경우를 대상으로 시뮬레이션을 실시하였다. Case 1은 모든 창을 닫은 상태의 경우로서 0.35 ACH의 침기량을 설정하였다. Case 2, 3은 발코니 외부창을 연 상태로서 블라인드를 설치하지 않은 경우(Case 2)와 설치한 경우(Case 3)의 차이를 검토하였다. Case 4는 샤프트 박스형 발코니를 설치한 경우에 해당하며 중간 7개층을 검토하였다. 각 Case별 설정조건은 표 4와 같다.

표 4. 실험 Case

	자연환기	블라인드	샤프트 박스	비고
CASE 1	×	×	×	환기량 0.35ACH 설정
CASE 2	○	×	×	-
CASE 3	○	○	×	가동시간 : 11시~18시
CASE 4	○	○	○	-

3. 시뮬레이션 결과 분석

3.1 창을 통한 환기가 없는 경우(Case 1)

침기 이외에 실내에 별도의 환기가 발생하지 않는 경우의 시간별 실내 온도분포를 전 7개층 중 대표적인 3개층에 대하여 나타냈다. 최하층인 8F는 7시간, 중간층인 11F는 14시간, 최상층인 14F는 11시간에 걸쳐 냉방기준 온도인 26℃를 초과하는 것으로 나타났다. 평균온도는 25.2℃, 26.3℃, 25.5℃를 각각 나타냈다.(그림 3 참조)

3.2 자연환기, 블라인드의 영향(Case 2,3)

1) 온도분포

발코니 외부창을 개방한 경우(Case 2, 블라인드 없음)의 온도분포는 그림 4와 같다. 실내온도는 11F를 기준으로 24.5~30.0℃의 분포를 나타내 자연환기에 의해 실내온도가 약간(평균 0.4℃) 하강하였다. 냉방 기준온도인 26℃를 초과하는 시간도 1시간 감소한데 그쳐 외부창을 통한 자연환기 효과는 매우 미미한 결과를 나타냈다. 발

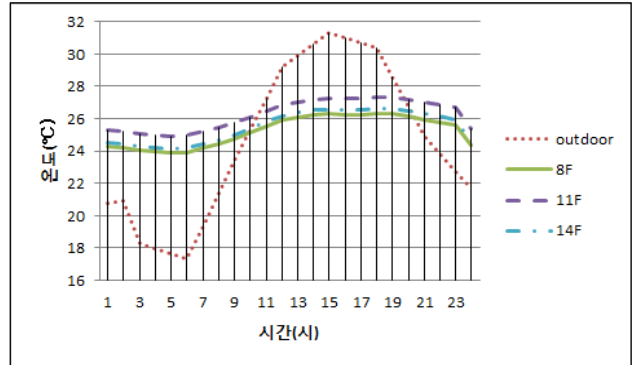


그림 3. 실내 온도분포(Case 1)

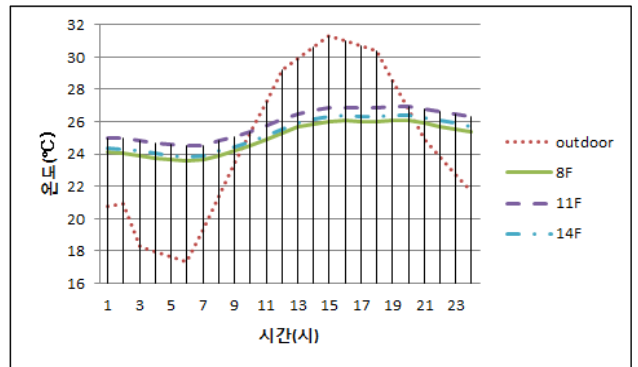


그림 4. 실내 온도분포(Case 2)

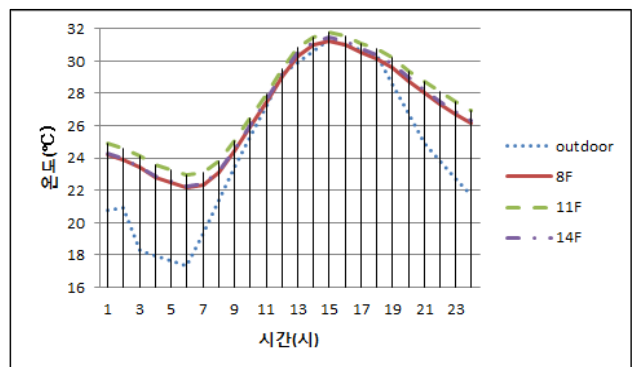


그림 5. 발코니 온도분포(Case 2)

코니 온도는 11F를 기준으로 23.1~31.8℃로서 실외와의 온도차는 평균 3.0℃로서 주간에 비하여 야간에 매우 크게 나타났다.(그림 5 참조)

블라인드를 가동한 경우(Case 3)의 온도분포는 그림 6과 같다. 11F를 기준으로 실내온도는 24.2~26.6℃의 분포로서 Case 1에 비해 평균 0.7℃ 하강한 결과를 나타냈다.

26℃를 초과하는 시간은 11시간으로 Case 1에 비해 3시간 감소하여 그 효과가 충분하지 못한 것으로 나타났다. 발코니 온도는 22.3~31.7℃로 Case 2에 비해 평균 0.3℃ 낮게 나타났다.(그림 7)

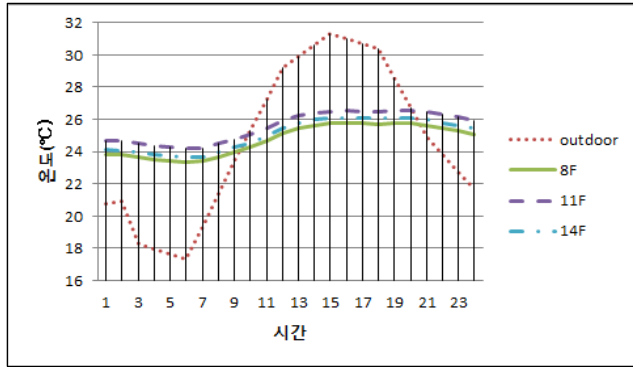


그림 6. 실내 온도분포(Case 3)

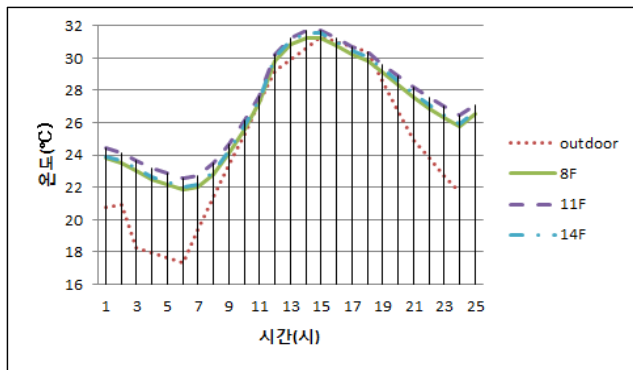


그림 7. 발코니 온도분포(Case 3)

(2) 실내외간 공기흐름 (그림 8, 9 참조)

발코니 외부창을 통한 환기량은 블라인드가 없는 Case 2와 블라인드를 작동한 Case 3간에 거의 차이가 없는 결과를 나타냈다. Case2를 기준으로 시간에 따라 33.5 [m³/h]~126.7[m³/h]의 환기가 발생하며 이를 환기횟수로 환산하면 0.4~1.5[ACH](평균 0.8[ACH])에 해당한다. 환기량이 매우 적은 것은 발코니 외측창 면적이 전체 유리

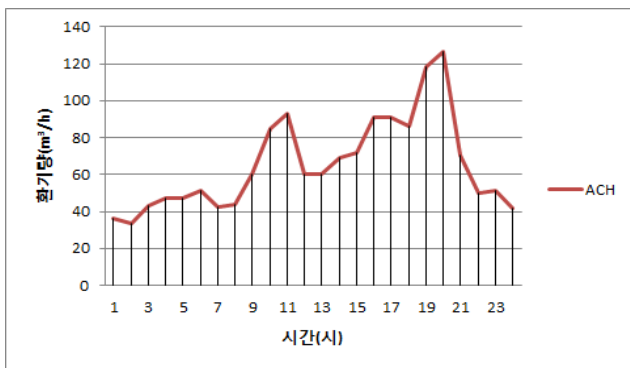


그림 8. 발코니 외부창을 통한 환기량(Case 2)

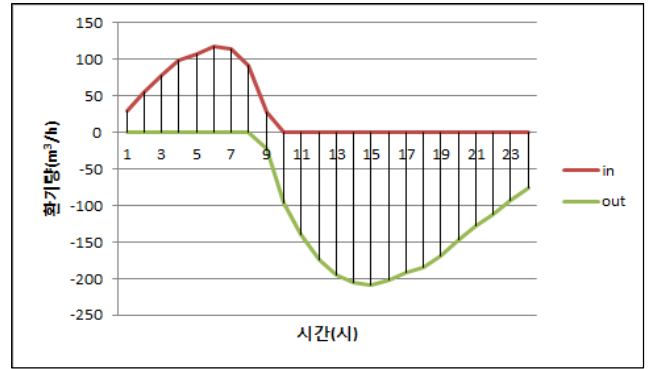


그림 9. 발코니 내측창(상부)을 통한 공기흐름(Case 2)

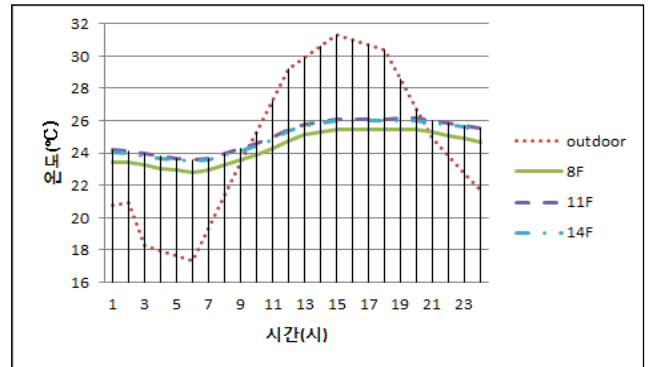


그림 10. 실내 온도분포(Case 4)

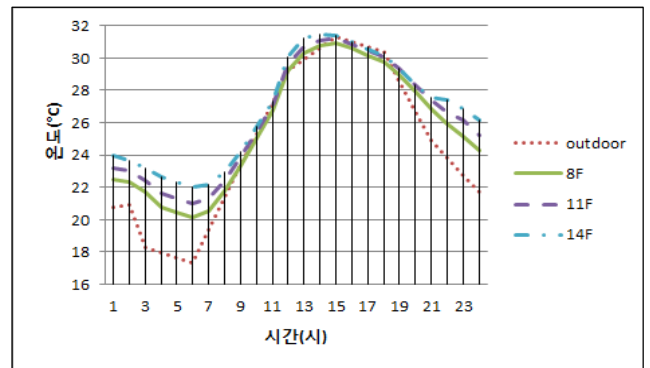


그림 11. 발코니 온도분포(Case 4)

면적의 11%에 불과하기 때문으로 사료된다. 시간대별로는 오전 2시에 최저치를, 오후 8시에 최고치를 보이고 있다.

발코니 내측창을 통한 공기흐름도 Case 2와 Case 3간에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 오전 0시부터 8시까지의 하부 창을 통해 실내로 유입된 공기가 상부 창으로 유출되며 오전 9시를 기점으로 그 방향이 반대로 바뀌는 양상을 보이고 있다. 이는 발코니 온도가 오전 9시를 기점으로 급상승한 때문으로 사료된다.

3.3 샤프트 박스 설치의 영향(Case4)

(1) 온도분포

전 7개층 중 3개층의 시간에 따른 실내 온도분포는 그

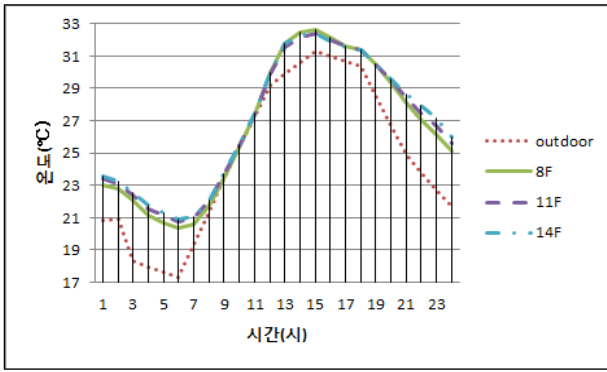


그림 12. 수직 샤프트 내부온도(Case 4)

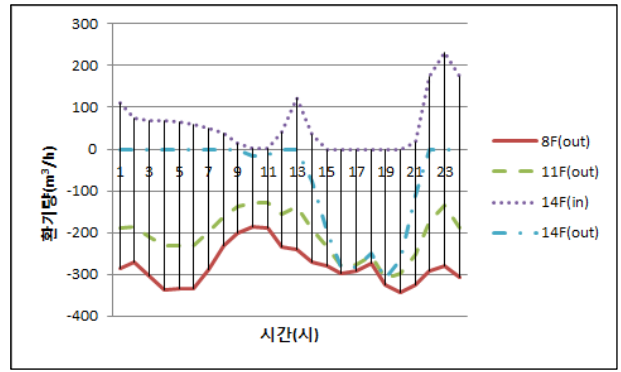


그림 14. 발코니와 수직 샤프트간의 공기 교환량(Case 4)

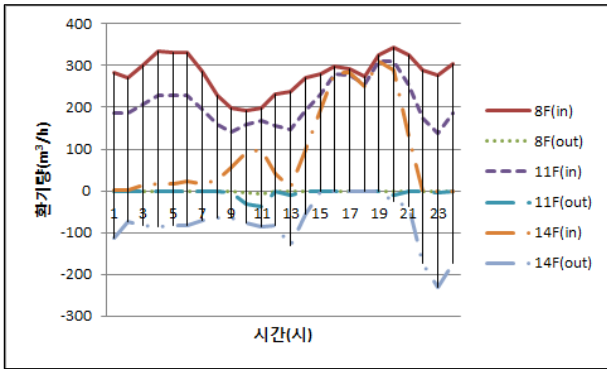


그림 13. 발코니 외부창을 통한 환기량(Case 4)

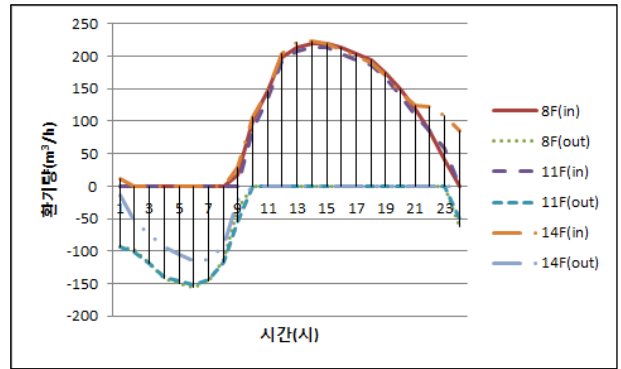


그림 15. 발코니와 거실간의 공기 교환량(Case 4)

림 10과 같다. 전체적으로 22.8~26.1°C의 분포를 나타내 Case 1에 비하여 0.6~1.2°C하강하였다. 26°C를 초과하는 시간은 8F는 0시간, 11F는 7시간, 14F는 1시간으로 7~10시간 줄어든 결과를 나타냈다. 시간대별로는 오전 6시에 최저치를, 오후 7시에 최고치를 나타냈다. 발코니 온도는 11F를 기준으로 21.0~31.2°C의 분포를 보였으며 Case 2에 비하여 평균 1.2°C 낮은 온도를 나타냈다.(그림 11 참조) 발코니 온도가 실내로의 급기온도가 되는 점을 감안하면 이것이 실내온도를 낮추는 데 직접적으로 기여했다고 판단되며 수직 샤프트가 효과를 보이고 있음을 확인할 수 있다. 수직 샤프트 내부온도는 11F를 기준으로 20.7~32.4°C로서 오전 0시부터 8시까지는 발코니 온도보다 낮지만 오전 10시부터는 일사의 영향으로 발코니보다 더 높은 온도를 보이고 있다.

(2) 실내외간 공기흐름

발코니 외부창을 통한 시간별 환기량은 그림 13과 같다. 즉, 8F와 11F는 전 시간대에 걸쳐 설계의도대로 유입구로서 작용하고 있다. 환기량은 8F에서 평균 279[m³/h], 11F에서 208[m³/h]로서 환기횟수로 환산하면 각각 3.3 [ACH], 2.5[ACH]를 나타냈다. 수직 샤프트의 굴뚝효과로 인하여 저층에서 고층으로 갈수록 환기량이 높은 값을 나타내고 있으며 그 값이 Case 2의 0.8[ACH]에 비하여 3~4배 증가한 것을 알 수 있다. 그러나, 최상층인 14F에서는 15~19시를 제외한 나머지 시간대의 대부분에서 유입과 유출이 동시에 발생하고 있으며 그 가운데 14시간

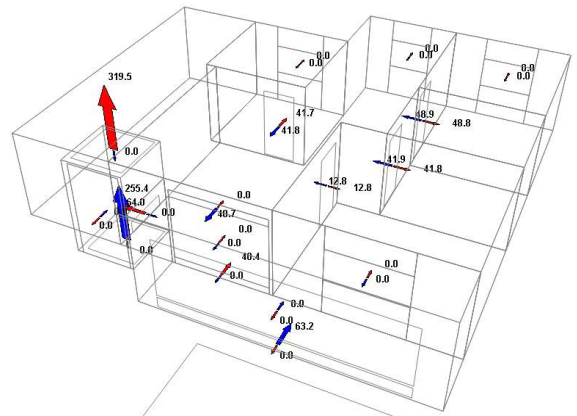


그림 16. 발코니와 수직 샤프트간의 공기 교환량 (Case 4, 11F, 오전 4시)

은 유출량이 유입량을 초과하는, 즉 유출구로서 작용하고 있다. 그 원인은 발코니와 수직 샤프트간의 공기 교환량을 보면 알 수 있다.(그림 14 참조) 8F와 11F에서는 외측창을 통한 외기 유입량에 해당하는 공기가 수직 샤프트로 유입되고 있다. 그러나, 14F에서는 14시~21시 사이에 수직 샤프트에서 발코니로 공기가 역류하는 현상을 보이고 있다. 수직 샤프트 14F에는 외기에 면한 환기구가 설치되어 있는데 결과적으로 이곳이 원활한 배기구로서의 역할을 다하지 못해서 샤프트 하부에서 상승한 가열공기가 14F 발코니로 유입된 것이다. 수직 샤프트 최상층 환

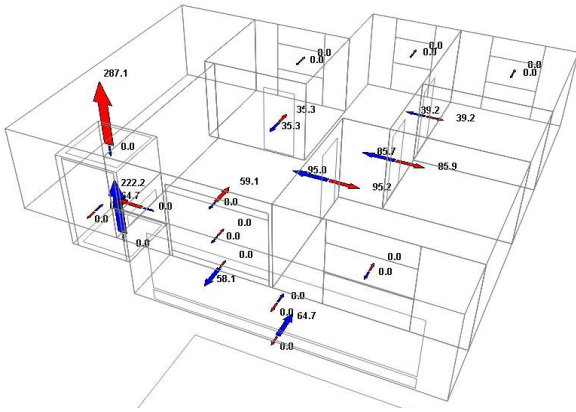


그림 17. 발코니와 수직 샤프트간의 공기 교환량
(Case 4, 11F, 오후 2시)

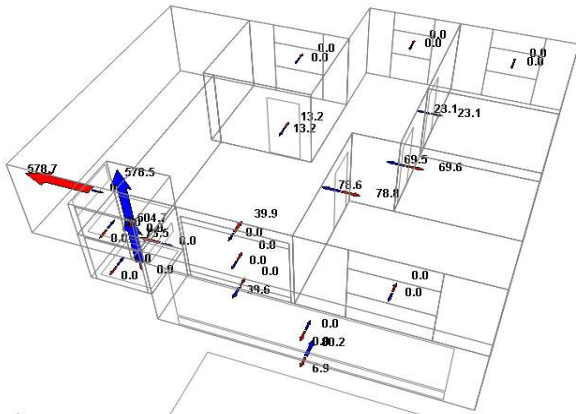
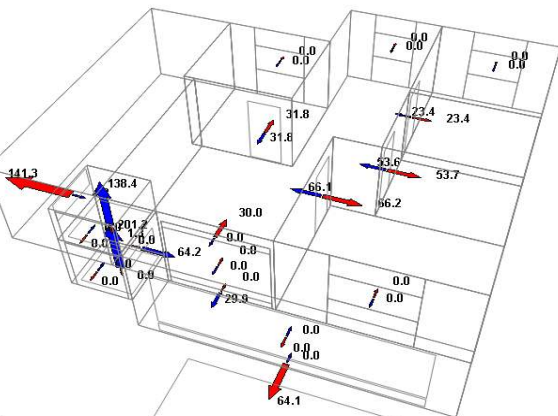


그림 18. 발코니와 수직 샤프트간의 공기 교환량
(Case 4, 14F, 오후 7시)



그그림 19. 발코니와 수직 샤프트간의 공기 교환량
(Case 4, 14F, 오후 10시)

기구의 배기성능을 향상시킬 수 있는 추가적인 검토가 요구된다. 발코니와 거실간의 공기 교환량은 그림 15와 같다. 3개층에서 오후 11시~9시까지의 하부 창을 통해 유입되어 상부 창으로 유출되고 있으며 오전 10시부터는 그 방향이 반대로 바뀌는 것을 알 수 있다.

시간에 따른 거실과 발코니, 수직 샤프트간의 공기 교환량을 그림 16~19에 나타냈다.

3.4 냉방부하 발생시간

5월 1일부터 10월 31일까지 총 4416시간에 대하여 냉방 설정온도인 26℃를 초과하는 시간을 각 Case별로 비교하였다. 그 결과 Case 1을 기준으로 샤프트박스에 의한 굴뚝환기를 이용할 경우 약 100시간의 냉방요구시간을 줄일 수 있는 것으로 분석되었다.

표 5. 각 Case별 냉방부하 발생시간

Case		26℃초과시간	비율[%]
1	창 닫힘. 침기만	2906	65.8
2	창 개방	2843	64.4
3	창 개방 + 블라인드	2768	62.7
4	굴뚝환기	2508	56.8

4. 결론

교통소음이 심한 지역이거나 또는 강풍으로 인해 직접적인 창 개방이 어려운 초고층형 공동주택에 적용하고자 샤프트 박스형 이중외피 구조를 모델링하여 에너지 시뮬레이션을 실시하였다. 발코니에 부착된 수직 샤프트에 의한 굴뚝효과가 실내 온도분포와 환기특성에 미치는 영향이 검토되었다. 주요 결과는 다음과 같다.

- 1) 창을 닫은 상태(Case1)에 비하여 실내온도는 전 시간대를 평균하여 약 1℃정도 감소하며 환기횟수 기준 2.5~3.3[ACH]의 환기량이 발생하였다.
- 2) 수직 샤프트를 통한 환기량은 저층에서 고층으로 갈수록 증가하며, 최상층에서는 최상층 배기구의 배기성능이 부족하여 발코니 공간으로 역류하는 현상이 발생했다. 수직 샤프트 최상층 환기구의 배기성능을 향상시킬 수 있는 추가적인 검토가 요구된다.
- 3) 일체의 환기설비의 도움이 없이 창을 닫은 상태(Case1)에 비하여 5월 1일부터 10월 31일까지 총 4416시간에 대하여 냉방 설정온도인 26℃를 초과하는 시간을 약 400시간 줄일 수 있어서 에너지 절감이 기대된다.

참고문헌

1. 이범열, 김용식, 이중외피의 환기성능에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집 제20권 2호, 2000.10
2. 박유영, 조재훈, 다층형 이중외피 시스템의 운전모델 개발, 대한건축학회논문집(계획계), v.23 n.2, 2007.02
3. 이건호, 윤용상, 김현수, 장대회, 이중외피 시스템의 난방기 자연환기 성능분석에 관한 실험적 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회논문집 제6권 1호(통권 10호), 2006.05
4. 박창용, 최창호, 이건호, 권민규, 이중외피 시스템의 난방기 난방기 열적성능에 관한 실험적 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회논문집 제6권 1호(통권 10호), 2006.05
5. 박창용, 이건호, 윤용상, 손연주, 박스형 이중외피와 커튼월의 냉방에너지 소비량 비교실험 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회논문집 제7권 1호(통권 12호), 2007.06
6. 임정원, 조수, 허정호, 이중외피 시스템의 에너지성능 평가를 위한 하절기 열환경 및 자연환기분석, 한국태양에너지학회 논문집 v.22 n.4, 2002.12
7. 김동호, 강명원, 안서진, 이승복, 이중외피 시스템의 적용을 통한 초고층 공동주택의 냉방에너지 저감방안에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표회논문집, 2001

투고(접수)일자: 2012년 12월 28일
 수정일자: (1차) 2013년 1월 17일
 (2차) 2013년 2월 13일
 게재 확정일자: 2013년 2월 14일