공동주택의 하이브리드 환기시스템 성능평가 연구

A Study on the Performance of the Hybrid Ventilation System for Apartment Houses

전주영¹ · 김길태² · 김상희³

Chu-Young Chun¹, Gil-Tae Kim² and Sang-Hee Kim³

(Received January 9, 2012 / Revised January 26, 2012 / Accepted January 26, 2012)

요 약

본 연구는 공동주택에서 하이브리드 환기시스템의 적용성을 검토하고, 하이브리드 환기시스템의 성능을 향상하기 위해 CFD시뮬레이션을 이용하여 설계방안을 제시하고자 하였다. 연구대상으로는 전용 51m², 84m²의 공동주택을 선정하였으며, 하이브리드 환기시스템은 창틀자연급기와 각실을 덕트로 연결하여 배기하는 시스템(Hybrid 1)과 창틀자연급기와 욕실-거실배기가 혼합된 시스템(Hybrid 2)을 적용하였다. 이때 각 시스템별 배기구의 위치를 변수로 하여 CFD를 수행하였다. 51m², 84m² 모두 Hybrid 2가 Hybrid 1보다 환기효율이 우수한 것으로 나타났으며, 평균공기연령 또한 낮은 것으로 나타났다. Hybrid 1의 경우, 덕트 배기구의 위치가 각 실 입구에 설치하는 것보다 실 안쪽 모서리에 설치하여 기류이동을 많이 유발할 수 있는 유형이 효과적인 것으로 나타났다. Hybrid 2의 경우, 욕실 고정압팬에 덕트를 연결하여 거실중심에 배기구를 설치하는 시스템이 환기효율이 가장 우수한 것으로 나타났다. 그러나 51m²의 경우 Hybrid 2가 Hybrid 1보다 20%의 향상된 환기효율을 나타낸 반면, 84m²의 경우는 14%의 향상된 환기효율을 나타내 공동주택 규모에 따른 적절한 하이브리드 환기시스템에 대한 검토가 필요하다.

주제어 : 하이브리드 환기, 환기성능, CFD, 공동주택

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the applicability of hybrid ventilation system in apartment housings and present a design method to improve the performance of hybrid ventilation system using the CFD simulation. As the object of CFD simulation, a small apartment houses with area of 51m² and 81m² were selected and evaluated. The test hybrid ventilation system are window frame natural air supply & duct exhaust hybrid system(Hybrid 1) and window frame natural air supply & bathroom and livingroom exhaust hybrid ventilation system(Hybrid 2). To evaluate the ventilation efficiency, we used the locations of diffuser installed for each system as the variables through the CFD simulation. In the case of Hybrid 1, the ventilation efficiency of the exhaust duct diffuser located on the inside room was higher rather than the exhaust duct diffuser located on the entrance. In the case of Hybrid 2, the most efficient system was the system that the diffuser connecting the bathroom static pressure fan is installed on the center of the living room. The ventilation efficiency of the Hybrid 2 in the case of 51m² type was more than 20% of the Hybrid 1. But, The ventilation efficiency of the Hybrid 2 in the case of 84m² type was more than 14% of the Hybrid 1. Therefore, to apply the Hybrid ventilation, a study that considers various variable should be conducted.

Keywords: Hybrid Ventilation, Ventilation Performance, CFD, Apartment

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라는 2004년 환경부의 ‘다중이용시설 등의 실내공기질 관리법’개정을 통해 실내 공기환경의 중요성을 심각하

게 인식하게 되었다. 그 이후 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’ 개정(2006)에 의해 100세대 규모 이상의 신축 및 리모델링 공동주택의 경우 세대 환기량이 시간당 0.7회 이상 이루어지도록 자연환기설비 또는 기계환기 설비 설치를 의무화하고 있다. 100세대 이하의 공동주택 건설시에도 적용대상

1) 토지주택연구원 수석연구원(주저자: jychun@lh.or.kr)
2) 토지주택연구원 책임연구원(교신저자: gskim1@lh.or.kr)
3) 부산테크노파크 기계부품소재기술지원센터 선임연구원

사업 규모가 아니지만 실내공기환경 개선을 위한 환기시스템을 적용하여 건설하고 있다.

환기설비는 설치에 따른 초기 시공비, 사용 시의 관리비 및 유지보수비, 운영비 및 부가되는 에너지비용이 그대로 입주자에게 전가되기 때문에 소형 공동주택의 경우는 특히, 보다 저렴하면서 효율적인 환기시스템이 요구된다. 따라서 소형 공동주택에 효율적인 환기시스템에 대하여 성능검토를 기반으로 적정 환기시스템 선정이 이루어져야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 공동주택에서 에너지비용이 저렴하면서 환기성능이 효과적인 환기시스템 적용을 위하여 기계환기시스템과 자연환기시스템을 조합한 하이브리드 환기시스템을 CFD 시뮬레이션을 통하여 성능검토를 실시하였다. 환기시스템 종류별 환기구의 위치변화를 조절하여 환기성능 평가를 실시하였으며 소형공동주택 유형에 효율적인 하이브리드 환기시스템을 검토하고 적용방법을 제시하고자 하였다.

1.2 연구범위 및 방법

연구대상 공동주택 유형은 전용면적 51m², 84m² 유형을 활용하였으며, 하이브리드 환기시스템은 자연환기+기계환기 방식과 자연환기+보조팬 환기방식을 적용하였다. 자연환기 방식으로는 창틀자연급기구를 활용하였으며 기계환기방식으로는 각실 덕트배기 방식과 보조팬 환기방식으로는 기존 공동주택에 적용이 용이한 고정압팬을 활용한 욕실배기팬 연동형 방식을 적용하였다. 하이브리드 환기시스템의 성능평가는 CFD(Computational Fluid Dynamics, 전산유체역학)를 활용하였으며 기류분배성능 중심의 평가지표인 환기효율, 공기 연령을 중심으로 환기성능을 평가하였다.

1.3 선행연구 고찰

환기시스템 관련 연구동향은 2000년대 초·중반에는 공동주택에 적용하기 위한 환기설비시스템 및 환기설비시스템의 환기성능 향상을 위한 연구가 진행되었다. CFD를 활용한 환기시스템 성능관련 연구를 살펴보면, 김기훈 등¹⁾은 천장취출 및 흡입 방식의 기계환기시스템이 설치된 공동주택을 대상으로 환기효율 실측 및 CFD 시뮬레이션을 통해 환기효율을 향상시키기 위한 설비적 측면의 환기계획기법을 제시하였다. 김동석 등²⁾은 CFD 시뮬레이션을 이용하여 실내의 오염농도 분포에 영향을 주는 급·배기구의 위치에 관한 해석을 실시하여 기계환기의 경우 급기구와 배기구의 위치관계가 환기효율을 결정하는 중요한 요인으로 작용한다는 결과를 도출하였

다. 박우진 등³⁾은 천장덕트형과 바닥온돌형 환기시스템의 환기성능을 비교·평가하는 연구를 실험을 수행하여 시스템 가동후 CO₂ 농도 저감 및 안정화에 소요되는 시간에 대한 결과를 도출하였다.

2000년대 중반 이후부터 현재까지는 하이브리드 환기시스템에 대한 연구들이 진행되기 시작했다. 상시 기계환기방식과 비교하여 하이브리드 환기방식이 에너지 절약적인 것⁴⁾으로 나타나고 시공 및 유지관리가 용이하다는 장점이 있어 공동주택의 하이브리드 환기시스템에 대한 연구들이 증가하고 있는 이유로 판단된다.

송의 등⁵⁾은 공동주택 발코니 공간을 이용한 하이브리드 환기방식에 대하여 수치적 해석방법을 활용하여 에너지소비량 등의 열환경적 측면을 평가하였고, 기류네트워크 해석모델을 활용하여 실내공기질을 평가하여 하이브리드 환기방식이 환기설비방식과 비교하여 열환경적 측면에서 큰 차이가 없고 실내공기질 개선효과와 에너지소비 절감효과가 있는 것을 확인하였다. 전주영 등⁶⁾은 하이브리드 환기시스템의 현장 실험을 통하여 면적이 작고 세대 장단변비가 짧은 소형 공동주택의 경우 창틀환기와 보조팬 환기방식이 효율적인 것으로 평가하였다. 이용준 등⁷⁾은 공동주택 하이브리드 환기시스템의 실내공기질 개선효과에 대한 성능평가를 실시하여 판상형 아파트에서 실내공기질 유지를 위하여 실내외 조건에 따라 자연환기와 기계환기 모드를 병용하는 하이브리드 환기시스템이 효과적인 것으로 평가하였다. 김상진 등⁸⁾은 하이브리드 환기시스템 적용에 따른 실내기류분포, 온도분포, 오염농도 분포에 대하여 CFD 시뮬레이션을 실시하여, 냉방기에 하이브리드 환기시스템 적용에 따른 외기도입 시 실내 쾌적온도 범위를 만족하는 것으로 나타났으며, 환기시스템의 종류에 따른 차이는 나타나지 않는 결과를 도출하였다. 이중찬 등⁹⁾은 초고층 공동주택의 자연환기덕트와 화장실 및 주방의 강

3) 박우진 외, “초고층 공동주택 환기시스템의 환기성능 실험에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회(창립60주년 기념) 논문집 25(1): 419~422.

4) 원종서 외(2007), “공동주택 발코니공간을 이용한 하이브리드 환기시스템의 성능 평가”, 대한건축학회 논문집 23(5): 187~194.

5) 송의 외, “공동주택의 발코니 공간을 이용한 하이브리드 환기방식 제안”, 대한설비공학회 2005 하계학술발표대회 논문집, 2005, pp. 807~813.

6) 전주영 외(2008), “소형 공동주택의 하이브리드 환기시스템 성능실험 연구”, 대한설비공학회 20(9): 699~701.

7) 이용준 외(2005), “실내공기질을 고려한 공동주택의 하이브리드 환기시스템의 성능평가”, 대한건축학회 논문집 계획계 21(9): 205~212.

8) 김상진 외(2006), “하계 공동주택 하이브리드 환기시스템 적용에 따른 실내공기 및 열 환경 평가”, 대한설비공학회 2006 하계학술발표대회 논문집: 387~392.

9) 이중찬 외(2009), “CFD를 이용한 초고층 공동주택의 실내환기량 분석 및 개선안 사례연구”, 대한건축학회 논문집, 25(7): 321~328.

1) 김기훈 외, “공동주택 환기시스템의 환기효율에 관한 연구”, 대한설비공학회 2003 동계학술발표대회 논문집, 2003, pp.537~542.

2) 김동석 외, “공동주택 환기시스템의 환기성능 향상을 위한 최적 급·배기구 위치에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회(창립60주년 기념) 논문집 25(1): 343~346.

제배기시스템에 대하여 실험과 CFD 시뮬레이션을 통해 환기성능을 검토하여 주방 및 화장실 배기를 작동한 상태에서 실내송풍기를 최소 660rpm 이상을 유지해야 환기횟수 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 또한 김건우 등¹⁰⁾은 창문일체형 air-screen 방식 하이브리드 환기시스템의 환기성능 및 공기정화 성능, 열성능 및 전력사용량을 측정하였으며, 측정결과 약 0.49 회/h의 환기량을 유지하며, 특히 실내로 유입되는 오염된 분진농도가 80%이상 저감되고 기존 전열교환기시스템과 비교하여 0.3℃ 높은 쾌적 환경과 전력사용량이 약 2배 가량 감소하는 결과를 도출하였다. 김옥 등¹¹⁾은 자연급기+보조팬 방식을 이용한 창문일체형 하이브리드 환기시스템을 실험을 통하여 성능을 검증하였다. 환기시스템 미작동시와 작동시의 재질자 수의 변화에 따라 실험하였으며, 밀폐된 실내에서 오염물질 발생시 자연급기와 보조팬 방식의 하이브리드 방식으로 0.7 회/h 이상의 환기량을 지속적으로 유지할 수 있었으며 오염농도가 모두 기준치 이하가 되는 결과를 확인하였다.

이상과 같은 국내 하이브리드 환기시스템의 환기성능 예측 및 mock-up 실험 결과를 분석해보면 하이브리드 환기시스템이 환기성능 및 실내공기질 개선효과, 에너지소비량의 측면에서 적용가능성이 있는 것을 알 수 있다. 그러므로 이를 공동주택에 적용하여 환기성능을 검토하고, 실제 적용가능성에 대하여 판단할 수 있는 기반 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 환기성능평가 지표

본 연구에서는 공동주택의 하이브리드 환기시스템 성능평가를 위해 CFD 시뮬레이션을 활용하였으며 환기시스템 및 환기구의 위치를 변수로 유형별 효율적인 환기시스템을 검토하였다. 환기성능 평가지표로는 환기효율과 공기연령을 검토하였다.

실내기류에 의한 오염물질의 제어, 기류의 운송 등을 평가하는 지표로서 환기효율이 사용되며 환기효율을 평가하는 지표로서 공기연령이 주로 이용된다. 공기연령이란 급기구에서 유입된 공기가 임의의 점에 도달하는 데 걸리는 시간을 나타내며 공기연령이 길어질수록 공기 배출시간이 길어져 실내공기 질도 나빠지게 됨을 의미한다. 평균환기효율은 명목시간상수와 실내평균 공기연령의 비로써 정의된다. 환기효율 지표간 상관관계는 다음 식과 같다.

- 명목 공기교환회수 (Nominal Air Exchange Rate, n)

- 10) 김건우 외(2006), “공동주택의 창문일체형 하이브리드 환기시스템의 성능실험에 관한 연구”, 대한설비공학회 2006 동계학술발표대회 논문집: 104~108.
- 11) 김옥 외(2007), “초고층 공동주택의 하이브리드 환기시스템의 성능평가에 관한 연구”, 대한설비공학회 2007 동계학술발표대회 논문집, 113~118.

$$n = \frac{q_V}{V} \quad (1)$$

여기서, q_V =환기량(m^3/h), V =실의 체적(m^3)
- 명목 시간상수 (Nominal Time Constant, τ_n)

$$\tau_n = \frac{V}{q_V} \quad (2)$$

여기서, q_V =환기량(m^3/h), V =실의 체적(m^3)
- 공기교환시간 (Air Change Time, τ_r)

$$\tau_r = 2\tau_e \quad (3)$$

여기서, τ_e = 실 평균공기연령

- 공기교환효율 (Air Exchange Efficiency, ϵ_a)

$$\epsilon_a = \frac{\tau_n}{\tau_r} \cdot 100 = \frac{\tau_n}{2\tau_e} \cdot 100[\%] \quad (4)$$

- 평균환기효율 (Average Ventilation Effectiveness, $\langle \epsilon \rangle$)

$$\langle \epsilon \rangle \geq 2 \cdot \epsilon_a = \frac{\tau_n}{\tau_e} \cdot 100[\%] \quad (5)$$

3. 공동주택 환기성능 평가

3.1 수치기류해석

CFD 시뮬레이션은 유체의 유동과 에너지전달 과정에 관한 지배방정식인 연립 편미분 방정식을 이산화(離散化)하여 컴퓨터를 통해 해석하는 방법에 대한 공학적인 용어이며, 건축 설비 및 환경 분야에서 시설물 내부의 기류분포, 온도분포, 압력분포, 각종 오염물질들의 거동 등을 해석하는데 주로 활용된다.

본 연구에서는 환기성능 평가를 위한 해석도구로서 열유체 해석 범용프로그램인 STREAM for Window (v7)을 활용하여 환기 시뮬레이션을 수행하였으며, 난류모델 (Turbulence Model)은 널리 사용되고 있는 표준 $k-\epsilon$ 난류모델을 적용하였다.

3.2 CFD 시뮬레이션 조건

표 1은 본 연구에서의 CFD 시뮬레이션 해석조건을 나타내고 있다.

표 1. CFD 시뮬레이션 해석조건

Convective term	MUSCL (2nd order)
Pressure correction	SIMPLEC
Turbulence model	standard k-ε model
Mesh	1,500,000 ~ 2,500,000
CPU time	1~3hours / 500 cycle

그림 1. 단위세대 평면

표 2. 적용 환기시스템 사양

환기시스템	51m ² type	84m ² type	비고
하이브리드형1 (자연급기+각실덕트배기)	총 90CMH (각 30CMH씩)	총 150CMH (각 37.5CMH씩)	대상세대 외부 전후면 조건 : 0 pa
하이브리드형2 (자연급기+ 욕실/거실배기)	총 90CMH (욕실 : 55/ 거실 : 35)	총 150CMH (욕실 : 90/ 거실 : 60)	

3.3 대상 세대 조건

시뮬레이션 해석 대상세대로는 소형 공동주택의 일반적인 단위세대인 51m² type과 84m² type으로 선정하였으며, 그림 1은 대상 세대의 평면도를 나타낸다.

표 2는 본 연구에 사용된 환기시스템의 사양을 보여주고 있으며, 적용된 환기시스템은 자연환기장치와 기계 배기장치를 조합한 하이브리드 환기시스템으로, 급기는 각 실(거실, 방1, 방2) 창틀에 설치되어있는 자연환기장치를 이용하였으며, 모든 type에서 동일하다.

배기의 경우는 두 가지 type으로 적용되었으며, 하이브리드형1의 경우 배기장치로부터 덕트를 연장하여 각 실의 배기구에서 배기되는 덕트 배기이며, 하이브리드 2의 경우 욕실 배기팬과 연동한 환기시스템으로, 고정압팬으로부터 덕트를 연장하여 거실 천장에 배기구를 만들어 욕실과 거실 두 곳에서 배기가 이루어지는 욕실 배기이다.

해석 대상에서 발코니 공간은 제외시켰으며, 실내는 밀실한 상태로 외부로부터의 침기 및 누기의 영향은 무시하고 각 실의 문은 개방된 상태로 가정하였다. 또한 배기팬(고정압팬)이 설치된 욕실과 실내와의 개구부는 닫힌 상태이지만 정해진 풍량만큼 개구부의 틈새로 환기가 이루어지는 것으로 가정한다.

실의 전후면부의 압력차이는 0pa, 온도와 습도는 특별히 고려하지 않았으며, 자연환기장치에서 개구부의 압력손실은 무시하였다.

표 3. CFD 시뮬레이션 해석 case

환기시스템	적용방법	case
하이브리드형1 (자연급기+각실덕트배기)	자연급기(각실 창틀) +배기(실별입구/거실중앙)	H1_A
	자연급기(각실 창틀) +배기(실별모서리/주방입구)	H1_B
하이브리드형2 (자연급기+욕실/거실배기)	자연급기(각실 창틀) +배기(욕실/욕실입구)	H2_A
	자연급기(각실 창틀) +배기(욕실/거실중앙)	H2_B

그림 2. CFD 시뮬레이션 해석 case(급배기구 위치 표시)

3.3 CFD 시뮬레이션 해석 case

CFD 시뮬레이션 해석 case는 4가지 case로 구분하였다. 표 3은 case별 환기장치 적용방법을 보여주고 있으며, 그림 2는 각 case별로 급배기구 위치를 표시하여 나타낸다.

급기구는 창틀설치형 자연환기장치로 동일하며, 배기구는 덕트배기와 욕실배기로 나누어지며, 시스템별로 배기구의 위치를 변화하였다.

하이브리드형1(H1)은 자연급기와 덕트배기로 이루어진 환기시스템으로 실별 자연환기장치의 위치는 동일하고, 덕트배기의 위치를 변화시켰다. H1_A의 경우는 각 실의 입구와 거실중앙에 배기구가 위치하였고, H1_B의 경우는 각 실의 모서리와 거실 배기구는 H1_A 보다 거실 중앙에서 주방 입구 쪽에 위치하였다.

하이브리드형2(H2)는 자연급기와 욕실배기로 이루어진 환기시스템으로 실별 자연환기장치의 위치는 동일하고, 욕실 배기팬과 연동한 거실 배기구의 위치를 변화시켰다. H2_A의 경우는 배기구가 욕실 입구에 위치였으며, H2_B의 경우는

거실까지 연장하여 거실 중앙에 배기구가 위치하였다.

4. CFD 시뮬레이션 결과

4.1 51m² type

51m² type의 CFD 시뮬레이션 해석 결과를 해석 case에 따라 높이별로 1.2m, 취출구 높이, 총 2 지점에서의 환기시스템 가동 시 실내기류 형태와 속도, 공기연령 결과를 그림 3에 나타낸다. 공기연령 해석결과를 통해 경계조건에서 사용된 각 시스템별 배기 풍량을 고려하여 환기효율을 산출하였으며, 그 결과를 표 4에 나타낸다. 하이브리드형1 중 A의 경우는 공기연령은 1.133h, 환기효율은 109%, B의 경우는 공기연령은 1.112h, 환기효율은 111%로 나타났다. 하이브리드형2 중 A의 경우는 공기연령은 1.064h, 환기효율은 130%, B의 경우는 공기연령은 1.027h, 환기효율은 134%로 나타났다.

환기효율은 H2_B, H2_A, H1_B, H1_A 순으로 낮게 나타났으며, 하이브리드형1의 경우 하이브리드형2에 비해 환기효

그림 3. CFD 시뮬레이션 해석 결과(51m² type)

표 4. CFD 결과(51m² type)

적용 방법		공기연령(h)	환기효율(%)
자연급기(각실 창틀) +배기(실별입구/거실중앙)	H1_A	1.133	109
자연급기(각실 창틀) +배기(실별모서리/주방입구)	H1_B	1.112	111
자연급기(각실 창틀) +배기(욕실입구/욕실)	H2_A	1.064	130
자연급기(각실 창틀) +배기(거실중앙/욕실)	H2_B	1.027	134

율이 낮은 것으로 나타났다.

하이브리드1의 경우 덕트 배기의 위치는 각 실 입구에 위치하는 것(H1_A) 보다 실 안쪽 모서리에 위치하는 것(H1_B)이 환기효율이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 환기경로에서 실별 입구에 배기구가 위치한 경우에는 덕트 설치길이가 짧아지지만, 자연환기 장치에서 급기된 외기가 출입구 쪽에 위치한 배기구로 바로 배기됨으로써 실의 안쪽 모서리에서는 정체되는 기류가 생기게 된다. 실 모서리에 배기구가 위치한 경우에는 급기구에서 대각선 방향으로 기류가 이동하게 되면서, 많은 범위에서 공기의 교체가 이루어지고, 배기구로 빠져

나가지 않은 일부 기류들은 배기구 주변의 벽체에 부딪혀 다시 빠른 순환이 일어나면서, 실 평균 공기연령이 짧아짐과 동시에 환기효율 또한 높아지는 것으로 판단된다.

하이브리드형2의 경우 욕실에 설치되어 있는 고정압팬을 이용, 거실까지 덕트배관을 연장하여 설치한 시스템(H2-B)가 욕실 입구에 배기구가 설치된 시스템(H2-A)보다 환기효율이 높게 나타났다. 이는 배기구가 거실 중앙부에 위치함으로써 기류가 효과적으로 분산되어 환기효율이 높아지고 평균 공기연령이 짧아지는 것으로 판단된다.

4.2 84m² type

84m² type의 CFD 시뮬레이션 해석 결과를 해석 case에 따라 높이별로 1.2m, 취출구 높이, 총 2 지점에서의 환기시스템 가동 시 실내기류 형태와 속도, 공기연령 결과를 그림 4에 나타낸다. 공기연령 및 환기효율결과는 표 5에 나타낸다. 자연급기+덕트배기인 하이브리드형1 중 A의 경우는 공기연령은 1.343h, 환기효율은 96%, B의 경우는 공기연령은 1.181h, 환기효율은 109%로 나타났다. 자연급기+욕실배기인 하이브리드형2중 A의 경우는 공기연령은 1.249h, 환기효율은 111%, B

그림 4. CFD 시뮬레이션 해석 결과(84m² type)

표 5. CFD 결과 (84m² type)

적용 방법		공기연령(h)	환기효율(%)
자연급기(각실 창틀) +배기(실별입구/거실중앙)	H1_A	1.343	96
자연급기(각실 창틀) +배기(실별모서리/주방입구)	H1_B	1.181	109
자연급기(각실 창틀) +배기(욕실입구/욕실)	H2_A	1.249	111
자연급기(각실 창틀) +배기(거실중앙/욕실)	H2_B	1.131	122

의 경우는 공기연령은 1.131h, 환기효율은 122%로 나타났다.

84m² type의 case별 환기효율은 51m² type과 동일하게 H2_B, H2_A, H1_B, H1_A 순으로 낮게 나타났으며, H1의 경우 H2에 비해 환기효율이 낮은 것으로 나타났다.

H1_A의 경우 다른 case에 비해 환기효율이 가장 낮은 것으로 나타났으며, H1_B유형과 H2_A유형은 2%의 차이로 유사한 환기효율 결과를 나타냈다. H2_B의 경우는 다른 case에 비해 가장 높은 환기효율을 나타냈다.

4.3 51m² type과 84m² type의 결과 비교

환기성능 결과 비교를 위해 그림 5와 그림 6에 각 유형 별 공기연령과 환기효율 결과를 그래프로 나타냈다.

51m² type과 84m² type의 각 case별 환기효율의 결과는 두 type 모두, 하이브리드형2_B의 결과가 가장 좋은 것으로 나타났다. 각 case별 환기효율 차이는 51m² type의 경우, H1과 H2 시스템 간의 결과 차이가 20%가 낮으며, H1의 A, B와 H2의 A, B간의 결과 차이는 2~3%로 나타났다. 84m² type의 경우, H1과 H2 시스템 간의 결과 차이가 14%가 낮으며, H1의 A, B와 H2의 A, B간의 결과 차이는 10~14%로 나타났다.

공기연령 결과의 경우, 51m² type은 환기효율 결과와 동일한 순서로 H2_B의 공기연령이 가장 낮은 것으로 나타났다. 공기연령은 급기구를 통하여 실내로 유입된 공기가 실내 임의의 점에 도달할 때까지 소요되는 시간으로 실내로 공급되는 공기가 해당 공간 전체에 얼마나 균일하게 퍼질 수 있으며 이후에 정제되지 않고 배출될 수 있는가를 의미한다. 따라서 환기성능의 우수성을 판단하는 것은 환기효율 뿐 아니라 공기연령의 결과도 함께 충족되어야 한다. 51m² type에 비해 84m² type의 경우 각 case별 결과 대부분 실 전체의 공기연령 분포가 균일하지 못하며 특히 호흡선 높이에서 기류가 정체되는 부분이 많으며(그림 2, 그림 3 참조) 각 지점별 공기연령의 차이가 크게 나타났다. 따라서 84m² type과 같이 3-Bay 이상의 구조의 경우에는 기류가 미치지 못하거나 정체되는 범위가 많게 되므로 그에 따라 환기구 개수를 늘려주거나 환기구의 위치 및 배치선정에 신중해야 할 것으로 판단된다.

그림 5. CFD 시뮬레이션 해석 결과(공기연령 비교)

그림 6. CFD 시뮬레이션 해석 결과(환기효율 비교)

5. 결론

본 연구는 공동주택(51m², 84m²)에서 자연환기시스템과 기계환기시스템을 조합한 하이브리드 환기시스템을 CFD 시뮬레이션을 통하여 성능검토를 실시하였다. 적용된 자연환기시스템은 창틀형 자연환기방식이며 기계환기시스템은 각실 덕트배기방식 또는 고정압팬을 이용한 욕실 및 거실환기방식으로 구분하여 자연환기시스템을 통합 급기와 기계환기시스템을 통하여 배기를 하는 유형으로 구분하여 성능검토를 실시하였다. 성능검토 시 배기구의 위치에 따른 기류분포, 공기연령과 환기효율을 검토하여 시스템 유형별 효율적인 배기구의 위치를 검토하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

- 51m²의 경우 환기효율은 자연급기+욕실/거실배기 방식(H2)이 높게 나타났으며, 평균공기연령 또한 적게 나타났다. 이때 배기구의 위치는 욕실 입구 거실 쪽에 설치하는 것보다 덕트배관을 연장하여 거실중앙에 위치시키는 것이 환기효율 및 평균공기연령에서 유리한 것으로 나타났다.
- 84m²의 경우에서도 환기효율 및 평균공기연령에서 자연급기+욕실/거실배기 방식(H2)이 높게 나타났으며, 배기구의 위치가 거실중앙에 위치하는 것이 가장 우수한 것으로 나타났다.

3. 각 유형 별 시스템 간 환기효율 차이는 51m² type의 경우 H1과 H2의 결과가 20% 차이가 났으며, H1의 A, B와 H2의 A, B간의 결과 차이는 2~4%로 나타났다. 84m² type의 경우 H1_A는 100% 이하의 환기효율 결과를 나타냈으며, H1_B와 H2_A는 2%의 차이로 유사한 결과를 나타내었다. 또한 H2_B의 경우는 다른 case와 10% 이상의 차이를 보이며 환기효율이 가장 좋은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 통하여 공동주택의 창틀 자연환기구를 포함한 하이브리드 환기시스템 적용시 환기성능 향상을 위한 환기구 계획 방안에 대하여 제시하였다. 본 연구결과는 51m², 84m² type의 두 가지 평면유형을 대상으로 도출된 결과로서, 여러 가지 다양한 공동주택 유형에 적용하기에는 어려움이 있을 것으로 판단되며, 또한 하이브리드 환기시스템의 최적화 계획을 위해서는 성능평가 방법으로서 CFD 시뮬레이션과 더불어 현장시공을 통한 검증실험을 통하여 신뢰성을 확보할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국토부, “공동주택 및 다중이용시설의 환기설비 설치기준 해설서”, 건설교통부령 제497호.
2. 주택도시연구원(2008), “공동주택의 실내공기환경 개선을 위한 적정 환기설비 시스템 연구”.
3. 김건우 외(2006), “공동주택의 창문일체형 하이브리드 환기시스템의 성능실험에 관한 연구”, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, 104~108.
4. 김기훈 외(2003), “공동주택 환기시스템의 환기효율에 관한 연구”, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, 537~542.
5. 김동석 외(2005), “공동주택 환기시스템의 환기성능 향상을 위한 최적 급배기구 위치에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 25(1): 343~346.
6. 김상진 외(2006), “하계 공동주택 하이브리드 환기시스템 적용에 따른 실내공기 및 열 환경 평가”, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 387~392.
7. 김옥 외(2007), “초고층 공동주택의 하이브리드 환기시스템의 성능평가에 관한 연구”, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, 113~118.
8. 박우진 외(2005), “초고층 공동주택 환기시스템의 환기성능 실험에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 25(1): 419~422.
9. 송의 외(2005), “공동주택의 발코니 공간을 이용한 하이브리드 환기방식 제안”, 대한설비공학회 학술발표대회 논문집, 807~813.
10. 원종서 외 (2007), “공동주택 발코니공간을 이용한 하이브리드 환기시스템의 성능 평가”, 대한건축학회 논문집, 23(5): 187~194.
11. 이용준 외 (2005), “실내공기질을 고려한 공동주택의 하이브리드 환기시스템의 성능평가”, 대한건축학회 논문집, 21(9): 205~212.
12. 이종찬 외 (2009), “CFD를 이용한 초고층 공동주택의 실내환기량 분석 및 개선안 사례연구”, 대한건축학회 논문집, 25(7): 321~328.
13. 전주영 외 (2008), “소형 공동주택의 하이브리드 환기시스템 성능실험 연구”, 대한설비공학회 논문집, 20(9): 699~701.
14. 최진호 외 (2007), “공동주택의 최적 환기효율을 위한 급배기 위치 평가”, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 86~86.
15. 허윤 외 (2009), “CFD를 이용한 공동주택의 자연환기량 평가방법에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 25(6): 221~228.
16. STREEM V7 User's Guide (2007), CRADLE.