

# 외기전담 시스템 기반 초고층 공동주택 중앙 환기시스템의 에너지 절감효과 분석

김민휘\*, 김진호\*\*, 권오현\*\*\*, 정재원\*\*\*\*

\*세종대 건축공학과(icanflyhigh@naver.com), \*\*세종대 건축공학과(jino009@naver.com),  
\*\*\*세종대 건축공학과(ohhyn@naver.com), \*\*\*\*세종대 건축공학과(jjwarc@sejong.ac.kr)

## Energy Saving Potentials of Dedicated Outdoor Air System in a High-rise Apartment Building

Kim, Min-Hwi\*, Kim, Jin-Hyo\*\*, Kwon, Oh-Hyun\*\*\*, Jeong, Jae-Weon\*\*\*\*

\*Dept. of Architectural Engineering, Sejong University(icanflyhigh@naver.com),  
\*\*Dept. of Architectural Engineering, Sejong University(jino009@naver.com),  
\*\*\*Dept. of Architectural Engineering, Sejong University(ohhyn@naver.com),  
\*\*\*\*Dept. of Architectural Engineering, Sejong University(jjwarc@sejong.ac.kr)

### Abstract

This paper investigates the energy saving potentials of a dedicated outdoor air system (DOAS) applied to a highrise apartment building. As for a typical 132-m<sup>2</sup> apartment unit, two different HVAC systems; centralized DOAS-Ceiling Radiant Cooling Panel and decentralized Energy Recovery Ventilator-Packaged Air Conditioner were installed. Transient behavior and control characteristics of each system were modeled numerically using a commercial equation solver program, and annual cooling coil load and heating load reduction potentials were compared. The research shows that DOAS-Ceiling Radiant Cooling Panel system can reduce the cooling coil load over 21% annually compared with the current Energy Recovery Ventilator-Packaged Air Conditioner pair. In addition, over 40% of annual ventilation heating load can be reduced by use of DOAS.

Keywords : 외기전담시스템(DOAS), 초고층 공동주택(High-rise apartment house), 개별환기(Decentralized ventilation), 중앙환기(Centralized ventilation)

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적 최근 우리나라 건설은 고기밀성 및 고단열

성의 외피, 고효율 냉난방 시스템 적용 등으로 친환경성과 높은 에너지 성능을 가진 초고층 공동주택이 하나의 트렌드를 이루고 있다. 특히, 건강한 실내 공기 환경에 대한 관심이 높아지면서 세대마다 필요환기량 확보를 위한

접수일자 : 2009년 11월 3일, 심사완료일자:2009년 11월 10일  
교신저자 : 정재원(jjwarc@sejong.ac.kr)

전열교환형 기계식 개별환기장치 설치도 일반화 되고 있으나, 현재는 거주자의 주관적 판단에 따라 그 운전여부가 결정되고, 전기요금 증가에 대한 우려 및 사용자의 환기장치 운전에 대한 지식부족 등으로 인해 효과적으로 활용되고 있지 못하는 실정이다.<sup>1,2)</sup>

이에 본 연구에서는 현재 북미 및 유럽에서 고효율 중앙공급식 환기시스템으로써 그 적용이 확대되고 있는 외기전담시스템<sup>3)</sup> (Dedicated Outdoor Air System, DOAS)을 국내 초고층 공동주택에 적용할 경우 에너지 시뮬레이션을 통해 연간 냉난방 에너지소비량을 예측한 후 기존 시스템과 상호 비교함으로써 DOAS를 이용한 중앙공급식 환기시스템의 초고층 공동주택 적용 시 얻을 수 있는 에너지절감 효과를 정량적으로 분석하고자 한다.

## 2. DOAS를 이용한 중앙환기 시스템

### 2.1 외기전담시스템 (DOAS) 개요

DOAS는 기존에 하나의 공조기가 담당하던 환기기능과 실내온열환경 조절기능을 서로 분리시키는 Decoupled System의 개념으로 적정 환기량 공급 및 실내 습도조절 기능은 DOAS가 담당하고 실내 온도조절은 별도의 병렬시스템 (Parallel System)이 담당하는 것이다.

### 2.2 DOAS의 구성요소

DOAS는 현행 환기량기준에 따른 외기를 도입한 후 실내의 잠열 및 일부 현열부하를 담당 할 수 있도록 도입외기의 온습도를 조절하여 공급하는 환기장치이다. DOAS의 구성은 회전형 전열교환기(Enthalpy Wheel), 냉각코일 (Cooling Coil), 회전형 현열교환기 (Sensible Wheel) 및 급/배기팬으로 되어 있다(그림 1).

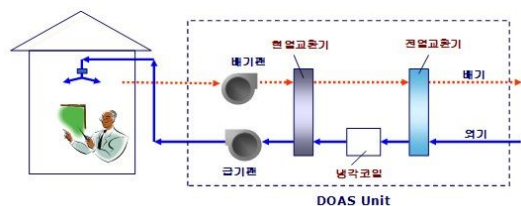


그림 1. DOAS의 구성

### 2.3 병렬(Parallel) 시스템

DOAS는 필요환기량 만을 적정 온습도로 처리하여 공급하므로 실내에 현열부하가 높을 경우 부족한 현열냉방 또는 난방능력을 보충하기 위해 DOAS와 병행하여 운전하는 시스템이 필요하다. 우리나라의 주거용 건물에서 겨울철 병렬난방(Parallel Heating) 시스템으로는 기존의 온돌을 그대로 사용할 수 있다. 여름철 병렬냉방(Parallel Cooling) 시스템으로는 기존의 패키지형 에어컨, 팬코일 유닛 등 현열냉방이 가능한 어떤 시스템도 가능하나, 본 연구에서는 천장복사냉방패널을 사용한다고 가정하였다.<sup>5,6)</sup>

## 3. DOAS - 병렬시스템의 에너지성능

### 3.1 모델건물 개요

본 연구에서는 DOAS에 의한 중앙환기와 현재 널리 적용되고 있는 개별환기시스템을 사용했을 때의 여름철 냉방에너지 사용량의 정량적 비교를 위해 가상의 132m<sup>2</sup>(40평형) (9m×14.7m×2.4m) 아파트 한 개 세대를 가정하였다 (그림 2). 대상 세대는 3개의 침실과 거실, 주방, 욕실 등으로 구성되고, 4인 가족이 거주하는 것으로 설정하였다. 외피는 현재 초고층 공동주택에 적용되고 있는 커튼월 구조로 외벽체의 열관류율은 0.5 W/m<sup>2</sup>·hr·K, 창호는 이중창 구조로써 3.0 W/m<sup>2</sup>·hr·K의 열관류율을 갖는 것으로 하였다<sup>8,9)</sup>. 창호는 세대의 남쪽과 동쪽면에 위치하며, 기밀도가 매우 우수하여 창호 및 외피틈새를 통한 침기는 없다고 가정하였다. 실내의 조명 및 기

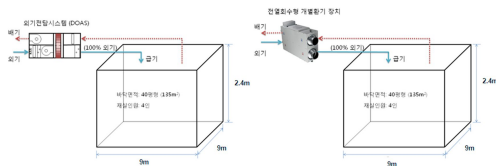
기 발열은 각각 20W/m<sup>2</sup>과 10W/m<sup>2</sup>로 가정하였다. 한편, 본 연구에서는 (식 1)<sup>4)</sup>에 의해 산정된 잠열부하가 실내에 항상 존재한다고 가정하였다.

$$Q_L = 20 + 0.22 \cdot A_f + 12 \cdot N_{oc} \quad (1)$$

여기서,

$A_f$  = 실내 바닥면적 (m<sup>2</sup>)

$N_{oc}$  = 재실자 수 (명)



(a) DOAS 시스템 (b) 개별환기시스템  
그림 2. 시뮬레이션 모델 개요

### 3.2 환기시스템 개요

#### 3.2.1 DOAS 적용 시스템

모델건물의 환기를 DOAS에 기반한 중앙 집중식 환기시스템으로 공급 할 경우, 현행 환기량기준에 따른 필요 외기량을 DOAS 유닛을 통해 도입하여 회전식 전열교환기 및 냉방코일을 거치면서 실내에 존재하는 잠열을 제거하기에 충분한 수준의 노점온도 (12°C)를 갖도록 처리한 후 실내에 공급하도록 하였다. 본 연구에서는 DOAS와 함께 사용할 경우 우수한 실내 온열환경과 에너지 절감효과가 뛰어난 것으로 알려진 천장복사 냉방패널을 적용하는 것으로 가정하였다<sup>5,6)</sup>.

#### 3.2.2 개별 환기시스템

현재 우리나라 초고층 공동주택에 가장 일반적으로 적용되고 있는 소형 개별환기시스템을 모델세대에 설치 한 것으로 가정하였다. 실내 발생 냉방부하 및 도입 외기에 의한 현열 및 잠열부하는 모두 세대내에 설치된 패키지 에어컨이 담당해야만 한다. 본 연구

에서는 패키지형 에어컨의 급기온도로 에어컨의 일반적 토출온도인 16°C로 설정하였고, 제습을 위한 에어컨 급기의 노점온도는 DOAS와 같은 12°C로 가정하였다.

## 4. 시뮬레이션 결과

### 4.1 냉방성능 비교

#### 4.1.1 냉방코일부하 산정

본 연구에서는 우선 미국 Carrier사의 건물 열 부하산정 및 에너지해석 프로그램인 HAP4.20a 과 서울지역 표준 기상데이터를 이용하여 월별, 시간별 건물 냉난방부하를 산정하였다. DOAS-천장복사냉방시스템 및 개별환기시스템-패키지형 에어컨의 운전특성을 상용 Equation Solver인 EES 프로그램을 이용하여 모델링한 후, 주어진 월별, 시간별 냉방부하조건 하에서 각 시스템에서 발생하는 냉방코일부하를 산정하였다. 환기시스템은 모두 24시간 상시 운전되는 것으로 가정하였고, 복사냉방패널 및 패키지형 에어컨의 냉방용량은 실내의 설정 온습도조건(i.e. 건구온도 24°C, 상대습도50%)을 유지하기 위해 자동 제어 되도록 하였다.

#### 4.1.2 월별 냉방코일부하 산정 결과

(그림 3)은 여름철 냉방기인 7월에 모델세대에서 해당 월의 Design day 하루동안 예상되는 시간별 냉방코일부하의 변화를 예측한 결과이다. 코일의 현열부하는 개별 환기시스템-패키지형 에어컨을 사용한 경우가 DOAS-천장복사냉방패널을 적용한 경우에 비해 높은 것을 볼 수 있다.

이것은 패키지형 에어컨의 풍량이 실내의 냉방부하에 따라 조절되지만 최소 필요환기량만을 정풍량으로 공급하는 DOAS에 비해 항상 많은 풍량을 냉방코일로 처리하여 실내로 공급하게 되기 때문으로 판단된다. 또한, 패키지형 에어컨의 에어컨실내 잠열제거를 위해 제습된 급기가 토출되기 전에 재열코일에

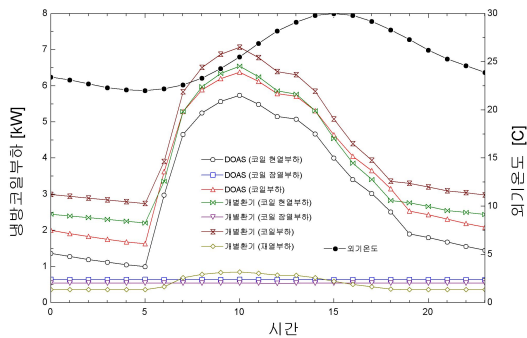


그림 3. 7월 Design Day 시간별 냉방코일부하 변화

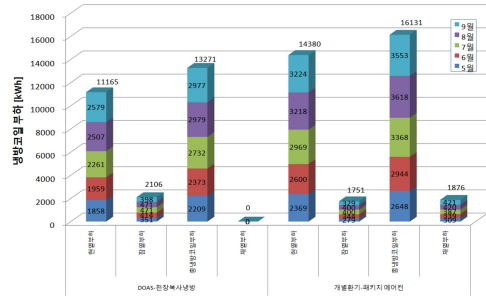


그림 5. 연간 총 냉방코일 부하

서 적정온도로 재열됨으로 인해 DOAS에는 없는 재열에너지 소비가 발생된다.

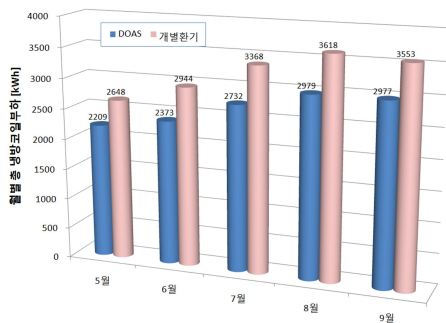


그림 4. 월별 총 냉방코일 부하

(그림 4)는 각 시스템 별로 월별 총 냉방코일부하를 산정한 결과를 나타낸 것으로, 개별환기시스템-패키지형 에어컨이 DOAS-천장복사냉방패널에 비해 매월 19 - 24% 정도 더 높은 냉방코일부하를 나타내었다.

#### 4.1.3 연간 총 냉방코일부하 산정 결과

한편, (그림 5)에서 보듯이 개별환기시스템-패키지형 에어컨을 사용할 경우 연간 총 냉방코일부하가 DOAS-천장복사냉방패널에 비해 약 21% 높은 냉방코일부하를 나타내었다.

#### 4.2 난방성능 비교

동절기에 실내온도가 설정온도(e.g. 21°C)로 유지될 때, 전열교환형 개별환기장치나 DOAS와 같이 전열교환기를 사용하는 시스

템은 배기측의 현열을 재취득하여 환기를 위해 도입된 차가운 외기를 미리 가열 열교환함으로써 차가운 외기가 직접 실내에 공급될 경우 예상되는 난방부하의 증가 및 cold draft와 같은 문제들을 완화시킬 수 있다. 또한, 겨울철 건조한 외기가 환기를 목적으로 열교환을 통해 실내에 지속적으로 공급될 경우, 실내가 매우 건조해 질 수 있으나 전열교환형 환기장치나 DOAS에 의해 실내 잠열이 전열교환기에 의해 회수되어 공급되는 일종의 가습효과를 기대할 수 있다<sup>7)</sup>.

#### 4.2.1 동절기 급기온도 변화

(그림 6)은 동절기인 12월 Design day 하루동안 시간별 환기의 급기온도 변화를 예측하고 상호 비교한 것으로, DOAS의 급기온도가 전열교환형 개별환기장치의 급기온도보다 항상 높은 것을 볼 수 있다. DOAS에서는 회전식 전열교환기와 현열교환기가 함께

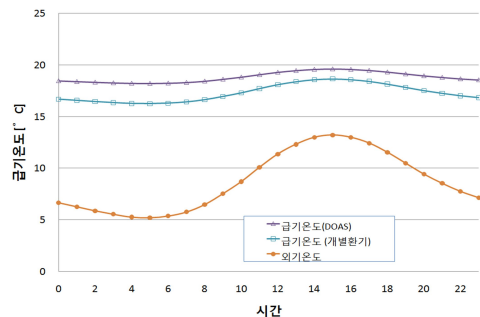


그림 6. 12월 Design Day 급기온도 변화

운전됨으로써 배기측으로부터 보다 많은 현열을 회수해서 급기측으로 전달할 수 있기 때문에 판단된다.

난방기간에 포함된 다른 월별 시뮬레이션에서도 비슷한 급기온도 예측 결과를 나타내었는데, 전열교환형 개별 환기장치를 통해 실내로 공급되는 환기는 15.2-20.5°C의 급기온도를 나타내었으나, DOAS의 경우는 개별 환기장치에 비해 높은 17.1-20.7°C의 급기온도를 나타냈다. 이로써 DOAS가 겨울철 환기에 의한 실내 난방부하 증가를 줄이는 효과가 있음을 알 수 있다.

#### 4.2.2 동절기 환기에 의한 실내 난방부하 증가량 비교

겨울철 환기장치를 통해 실내에 공급되는 외기는 폐열회수를 통해 예열되지만 실온 보다는 항상 낮을 수밖에 없으므로 환기에 의한 실내 난방부하 증가는 필연적이다. 그러나 (그림 7)에서 보듯이 급기온도가 상대적으로 높은 DOAS의 경우 개별환기시스템에 비해 낮은 난방부하 증가를 나타냈다.

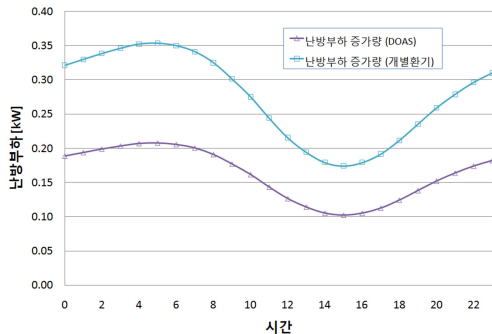


그림 7. 12월 Design Day 난방부하 증가량

한편, 환기에 의한 월별 총 실내 난방부하 증가량 산정결과를 보면 (그림 8), DOAS를 사용할 경우 개별환기시스템에 비해 매월 실내 난방부하를 40% 정도 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 연간 난방부하는 개별환기시스템 운전에 의한 연간 총 난방부하는 923

kWh 이고, DOAS 경우는 543 kWh로써 DOAS에한 연간 실내 난방부하 증가량은 개별환기장치를 사용하는 경우의 59% 정도인 것으로 판단된다.

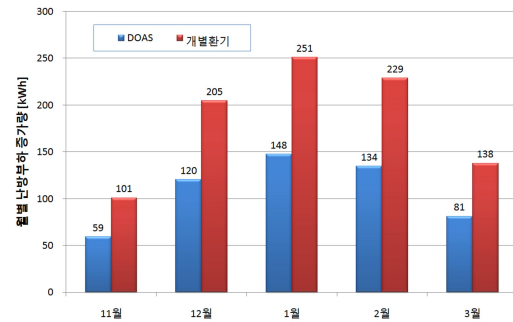


그림 8. 환기에 의한 월별 난방부하 증가량

## 6. 결 론

본 연구를 통해 얻어진 DOAS를 이용한 중앙공급식 환기 시스템과 기존 시스템에 대한 냉난방코일부하 저감효과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) DOAS-천장복사냉방패널시스템을 적용한 중앙공급식 환기시스템의 경우 기존의 전열회수형 개별환기시스템-패키지형 에어컨 시스템에 비해 연간 21% 정도의 냉방코일부하를 저감할 수 있는 것으로 나타났다.
- (2) 난방시 DOAS는 회전식 전열교환기 및 현열교환기를 통해 폐열을 2차에 걸쳐 회수함으로써 기존의 전열회수형 개별환기장치에 비해 상대적으로 높은 급기온도를 얻을 수 있고, 환기에 의한 실내 난방부하 증가를 40% 정도 저감할 수 있는 것으로 판단된다.

## 후 기

이 논문은 2008년 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행

된 연구임(KRF-2008-331-D00657)

9. 이진창호,  
[www.eagon.com/introduce/WND\\_010\\_070](http://www.eagon.com/introduce/WND_010_070),

### 참 고 문 헌

1. 김형준, 김종현, 박준석, 공동 주택에서 환기설비 도입에 따른 에너지소비 변화에 관한 연구, 한국건축친환경설비학회 춘계 학술 발표대회 논문집, 2009, p.170-173.
2. 김진호, 조현, 이종인, 김유신, 정재원, 초고층 공동주택 거주자들의 전열교환형 환기장치 운전방식 현황조사 및 문제점 분석, 대한건축학회논문집, 2009, 25(2), p.249-256.
3. Steven J. Emmerich, and Tim McDowell, Initial Evaluation of Displacement Ventilation and Dedicated outdoor Air Systems for U.S Commercial Buildings, 2005, NISTIR 7244.
4. ASHRAE, ASHARE Handbook Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, 2005.
5. TIAx.. Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems, VolumeIII: Energy Savings Potential. TIAx LCC, 2002, Reference No.68370-00.
6. Jeong, J.W., S.A. Mumma, and W.P. Bahnfleth.. "Energy Conservation Benefits of a Dedicated Outdoor Air System with Parallel Sensible Cooling by Ceiling Radiant Panels". ASHRAE Transactions, 2003, 109(2), p.627-636.
7. Jeong, J.W., and S.A. Mumma. "Binary Enthalpy Wheel Humidification Control in Dedicated Outdoor Air Systems". ASHRAE Transactions, 2007, 113(2), p.220-226.
8. 임정희, 최석규, 김광호, 김병선, 고층 아파트 단위주거의 커튼월 결로예측, 대한건축학회논문집, 2007, 23(3), p.205-215.