KIEAE Journal, Vol. 16, No. 6, Dec. 2016, pp.123-128.

KIEAE Journal

Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

82

사무용 건물에서 전열교환 환기시스템과 일반공조기의 냉방에너지 비교분석에 관한 연구

A Comparative Analysis on Cooling Energy of Heat Recovery Ventilator and Air Handling Unit in the Office Building

장지훈* · 김현수* · 어진선* · 이승복** · 김병선***

Jang, Ji-Hoon* · Kim, Hyeonsoo* · Auh, Jin-Sun* · Leigh, Seung-Bok** · Kim, Byungseon-Sean***

* Dept. of Architectural Engineering, Yonsei Univ., South Korea (eands777@nate.com)
** Coauthor, Dept. of Architectural Engineering, Yonsei Univ., South Korea (sbleigh@yonsei.ac.kr)
*** Corresponding author, Dept. of Architecture, Yonsei Univ., South Korea (sean@yonsei.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: In order to save the energy consumption of buildings, buildings have been constructed with high performance insulation or airtightness. However, high performance insulation or air tightness has led to a poor indoor air quality. Therefore, HRV(Heat Recovery Ventilator) has received attention to save the energy consumption and insure a good air quality. Because existing research is almost about the performance of HRV in residential buildings, This study analyzed the effect of HRV on cooling energy consumption in commercial office building. **Method:** This study was proceeded at commercial office building in In-cheon. In order to evaluate the energy consumption of HRV, this study proposed two methods: estimating energy consumption of the room installed AHU(Air Handling Unit) system; estimating energy consumption of the room installed HRV system. Therefore, comparison of two methods was proceeded to evaluate energy performance of each method. **Result:** As the result of comparison between rooms installed AHU and HRV, the experiment showed that energy consumption of the room installed HRV system is about 22% less than the room of AHU system. This conclusion is considered because the room installed HRV system have maintained temperature well at set point temperature 26℃.

ⓒ 2016 KIEAE Journal

KEYWORD

열회수
열회수 환기
전열 교환
실측 데이터
건물 에너지

Heat Recovery
Heat Recovery Ventilator
HRV
Empirical Data
Building Energy

ACCEPTANCE INFO

Received Nov 4, 2016
Final revision received Dec 19, 2016
Accepted Dec 24, 2016

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 국내에서는 건물의 고단열, 고기밀 성능을 추구함에 따라 폐쇄적으로 설계되어 실내의 공기질이 악화되는 경향이 있다. 이러한 실내의 공기질의 악화를 방지하기 위해서 환기 설비가 설치되는데, 국내에서는 100세대 이상의 공동주택이나 다중이용시설의 경우 환기설비를 의무화하는 등 환기 설비 설치에 대한 의무화가 강해지고 있다.[1] 특히 2013년부터 다중이용시설에 대한 규정이 강화되어 상업용 시설 및 업무용 시설도 환기 설비에 대한 의무화가 추진되고 있는 실정이다.

따라서 이러한 환기 설비에 대한 의무화를 준수하며 건물의 공조 설비에 관한 에너지를 감소시키기 위하여 최근 HRV(Heat Recovery Ventilator) 시스템을 도입하려는 경향이 늘어나고 있는 추세이다. HRV는 실내의 오염된 공기를 밖으로 배출함과 동시에 실외로 배기되는 공기의 열을 회수함으로써 냉난방에 들어가는 에너지를 최소화 할 수 있는 환기 시스템으로 적절한 환기 수준을 유지하며 건물의 공조에 사용되는 에너지를 줄일 수 있는 시스템이다.

이러한 HRV가 국내에서 적용된 사례에 대한 연구는 공동주택과 같은 주거형 건물을 대상으로 진행된 경우가 대부분이었으며, 최근 환기설비 기준에 대한 강화로 인해 다중이용시설로 추가된 업무용 오피스 건물에 적용된 사례에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 업무용 오피스 건물에서 HRV가 설치된 실과 일반적으로 환기 목적을 위해 널리 사용되는 AHU(Air Handling Unit)가 설치된 실의 하절기 냉방에너지 실측값을 비교·분석하여 HRV가 건물의 냉방에너지에 미치는 영향에 대하여 분석하고자 한다.

1.2. 연구의 방법

본 연구에서는 AHU를 설치한 실과 HRV를 설치한 실의 에너지 소비량을 비교 분석하기 위해서 인천광역시 송도에 위치한 오피스 빌딩을 대상 건물로 선정하였다. 오피스 건물의 2층과 3층에는 비교를 위한 동일한 외피 조건의 실이 있으며, 2층의 실에는 AHU가 설치되어 있고, 3층의 실에는 HRV가 설치되어 있다. 또한 각 실의 냉난방을 위하여 FCU(Fan Coil Unit)가 설치되어 있다. 각 실에서의 하절기 냉방에너지 소비량을 계산하기 위하여 FCU와 각 환기시스템의 유량, 환수온도, 급수온도에 대한 데이터를 실측하였다. 실측된 데이터를 바탕으로 실의 에너지 소비량을 계산함으로써, AHU를 사용한 실과 HRV를 사용한 실의 에너

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2016.16.6.123

1) "건축물의 설비기준 등에 관한 규칙", 국토교통부령 제219호.

지 소비량을 비교 분석하였다.

2. 선행연구 고찰

HRV의 에너지 성능평가에 관해 선행되어진 연구를 조사하였을 때, 기존 선행연구의 대상 건물은 공동주택인 경우가 많았다. 김상민 외의 연구[2)]에서는 공동주택에 설치된 HRV의 냉방에너지 소비량절약 효과를 평가하였으며, 실측 에너지 소비량과 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 해당 연구에서는 하절기를 기준으로 HRV를 사용하는 경우에 에너지가 약 7%가 절약되고 시뮬레이션의 결과상으로도 약 10% 정도가 절약되는 것으로 분석되었다.

김선숙 외의 연구[3)]에서는 공동주택을 기준으로 HRV에 대한 성능평가를 실물 실험실에서 진행하였으며, 전열 교환을 실시한 실험실의 하절기 냉방에너지 소비량이 실시하지 않은 실험실에 비하여 약 5% 정도 적게 나타나는 것으로 분석되었다.

또한 이명주 외의 연구[4)]에서는 CE3 에너지 시뮬레이션 프로그램을 적용하여 냉난방에너지 요구량과 연간 에너지 요구량의 절감량을 분석하였다. 독일의 패시브하우스 설계 기준에 따라 건물을 설계 하였을 때 HRV를 사용할 경우에는 기준 주택에 비하여 냉방에너지가 약 15% 정도 절감되는 효과를 보인다고 분석하였다.

그러나 위와 같은 선행연구들은 대부분 공동주택이나 단독주택과 같은 주거형 건물을 대상으로 하였으며, 실제 건물에 적용한 사례나 업무용 오피스 건물에 대하여 진행된 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 같은 건물의 동일한 환경 조건에서 두 개의 실에 설치된 AHU 시스템과 HRV 시스템을 Side-by-Side Test로 비교·분석하여 건물의 냉방에너지에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

3. 실험 개요

3.1. 대상 건물 개요

본 연구의 대상 건물은 인천광역시 송도에 위치하고 있는 오피스용 Test-bed 건물이다. Table 1에는 해당 건물에 대한 개요가 제시되어 있으며, Table 2에는 대상이 되는 실의 외피 특징 및 열관류율이 제시되어 있다. 본 건물은 2013년 9월에 완공된 교육 연구 시설용 건물로서 오피스, 공동주택, 모듈러 등으로 이루어진 연구용 건축물이다. 또한 자연채광, 우수 재활용, 지열 등 106개의 요소 기술이 접목된 건물이다.[5)]

Fig. 1. The whole view of POSCO Green Building

본 건물은 BAS(Building Automation System) 및 BEMS (Building Energy Management System)가 설치되어 있어, 건물의 운전과 제어가 자동으로 이루어지게 된다. BEMS를 구축하기 위하여 약 1600개의 센서가 설치되어 있으며, 이 센서를 통하여 15분 주기로 데이터가 수집된다.[6)] 본 연구에서는 이러한 건물의 센서를 통해 유량, 환수온도, 급수온도에 대한 데이터를 수집하여 에너지에 대한 계산을 진행하였다.

Table 1. Outline of POSCO Green Building

Location	• Yonsei Univ., Songdo-dong, Yeonsu-gu, Incheon, South Korea
Name of Building	• POSCO Green Building
Type	• Office
Orientation	• Southeast
Construction Area	• 3,967 ㎡
Building Area	• 1,937 ㎡
Gross Area	• Office : 4,242 ㎡ • Apartment Housing : 1,081 ㎡ • Modular Housing : 118 ㎡ • etc. : 107 ㎡

Table 2. Characteristic of Building

Division	Details
Window	• Vacumm THK20 • Glass THK50
U-Value	• Floor : 0.15(W/㎡K) • Roof : 0.06(W/㎡K)\ • Wall : 0.13(W/㎡K) • Window : 1.5(W/㎡K)

3.2. 설비 시스템 개요

HRV의 에너지 성능을 평가하기 위하여 Figure 2의 평면도처

2) Sang-Min Kim, Byung-Yoon Park, Jang-Yeul Sohn, "Evaluation of the Performance and the Energy Consumption Characteristics of Heat Recovery Ventilators in Apartments.", Korean Journal Of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.17, No.5, 2005

3) Kim Sun-Sook, Yee Jurng-Jae, Lee Yun-Gyu, "Performance Evaluation of an Energy Recovery Ventilator with Various Outdoor Climate Conditions.", Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.24, No.8, 2008

4) Lee Myoung-Ju, Kim Won-Seok, Lee Woo-Joo, Lee Won-Taek, "A Study about Reduction Rates of Building Energy Demand for a Detached House according to Building Energy Efficient Methods.", Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.28, No.5, 2012

5) 이재동, "포스코 그린빌딩 개요", 건축환경설비 6권 2호, 2012

6) Lee, Jin-Uk, Leigh, Seung-Bok, Kim, Taeyeon, "A Case Study on Energy Performance Measurement and Verification of an Energy Saving Office Building.", Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.31, No.2, 2015.

럼 동일한 외피 조건을 갖춘 오피스 건물의 2층 연구실3과 3층 연구실 2의 데이터를 실측하였다.

각 실의 바닥 면적은 81.18㎡로 동일하며 실의 층고 역시 동일한 높이로 구성되어있다. 또한 각 실은 같은 위치에 있기 때문에 실의 향도 동일하다. FIgure 3은 각 실의 공조 덕트에 대한 배치도를 나타낸다.

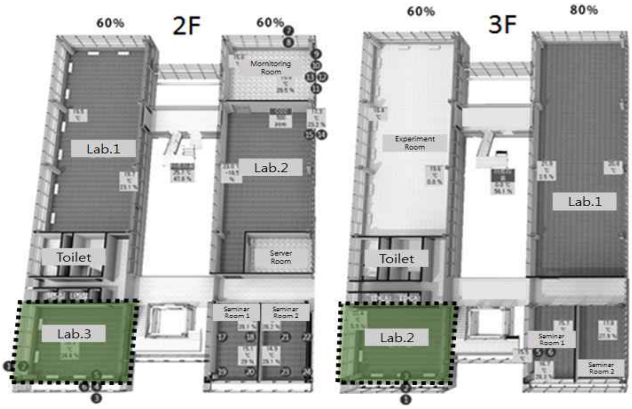

Fig. 2. Floor plan of building (2F, 3F)

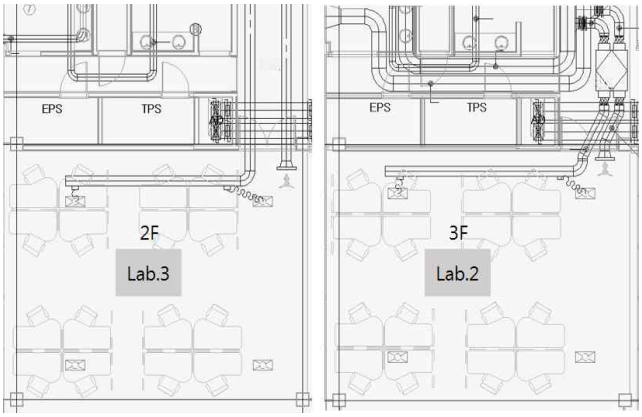

Fig. 3. Plot plan of air duct (2F, 3F)

2층의 연구실 3에는 환기를 위하여 AHU가 설치되어 있고 3층의 연구실 2에는 HRV만 설치되어 있다. 해당 건물에 설치된 HRV는 열교환과 실의 환기를 동시에 수행할 수 있는 설비기기이다. AHU와 HRV는 각 실의 최소 환기량을 충족시키기 위하여 사용되었다. 또한 각 실은 실의 온도를 제어하기 위하여 FCU가 설치되어있다.

Table 3. Performance of Heat Recovery Ventilator

Name	Power Consumption (W)	CMH (㎥/h)	Efficiency of Heat Exchange (%)
HRV	250	500	75

3.3. 실험 방법

에너지 성능 측정을 위한 실험은 2014년 7월 4일부터 2014년 7월 20일 까지 17일 동안 진행되었다. AHU가 설치된 2층 연구실3의 운영 스케줄은 일반적으로 사용되는 오피스 건물의 운영 시간인 오전 8시부터 오후 6시까지이며 실내의 온도가 26℃로 유지되도록 설정되어 있다. HRV가 설치된 3층 연구실2는 일반적인 운영 시간인 오전8시부터 오후 6시까지는 설정온도 26℃로 운전되고 저녁 시간인 오후 7시~오전 7시에는 최대 온도를 28℃로 설정하여 건물 운영시간 외의 저녁시간에도 설비의 운전을 하였다. HRV를 설치한 실에서 저녁시간에도 운전을 한 것은 FCU의 과부하를 방지하기 위한 것이다. AHU가 설치된 실에서는 AHU와 FCU 모두 냉방 기능이 있어 실의 공기온도를 같이 조절하게 되지만 HRV는 AHU와 달리 냉방에 대한 기능이 없기 때문에 HRV가 설치된 실에서는 FCU의 냉방 기능만으로 실의 공기온도를 조절하게 된다. 따라서 해당 실은 건물의 운영 시간동안 FCU의 과부하를 방지하기 위하여 저녁시간에도 운전되도록 설정되었다.

건물의 운영 시간동안 각 실의 설정온도는 에너지절약 설계기준[7]에 근거하여 하절기 온도인 26℃로 설정하였고, 실내온도를 유지하기 위하여 실의 온도를 측정해 자동으로 FCU가 비례제어되도록 설정하였다.[8] AHU, FCU로 급수되는 물의 온도는 7℃로 공급되도록 설정되어 있으며, 실내로 공급되는 1차 공기의 급기온도 설정온도는 20℃이다.

각 실의 에너지소비량 계산을 위하여 FCU와 공조 시스템의 유량과 환수온도, 급수온도를 측정하였다.

Table 4. Outline of experiments

Division	2F Lab. 3	3F Lab. 2
Experiment Period	2014.7.4. ~ 2014.7.20. (17days)	
Gross Area	81.18㎡	
Building Operation Time	08:00AM~06:00PM	Full time
Ventilation System	AHU System (Air Handling Unit)	HRV System (Heat Recovery Ventilator)
Cooling System	FCU (Fan Coil Unit)	FCU (Fan Coil Unit)
Design Temperature	26℃	26℃
Setback Temperature at Night	·	28℃
Supply Water Temperature of FCU	7℃	7℃
Supply Water Temperature of AHU	7℃	·
Primary Supply Air Temperature	20℃	·

7) 국토교통부, "건축물의 에너지절약 설계기준 해설서", 국토교통부 고시 제 2015 – 1108호

8) Chung, Da-Eun, "A Study on the Application of Radiant Floor Cooling System Using Capillary Tube in Residential Buildings.", Master thesis, Yonsei University, Korea, 2015

4. 연구 결과

4.1. 온도 데이터 분석

Figure 4는 실험기간 동안 각 날짜의 시간대별 온도를 평균한 것을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 제시된 것처럼 일반적인 건물의 운영 시간인 오전 8시 ~ 오후 6시까지의 스케줄에서 AHU가 설치된 2층 연구실 3은 27℃~30℃의 온도 범위를 가지고, HRV가 설치된 3층 연구실 2는 26℃~28℃의 온도 범위를 가지고 있다. 이는 실내의 설정 온도인 26℃를 기준으로 실내외 온도차가 약 4℃ 이내의 범위에서 조절되고 있는 것으로 확인된다.

특히 HRV가 설치된 실은 FCU의 과부하를 방지하기 위하여 저녁 시간에도 설비의 운전을 하였는데 이로 인하여 오후 7시~오전 7시의 시간동안 최대 온도 28도 부근에서 유지되는 것을 확인 할 수 있었다.

또한 HRV가 설치된 실이 AHU를 설치한 실에 비하여 실내 온도가 더 낮게 나타나는 양상을 보였으며, 특히 HRV가 설치된 실의 경우 건물의 운영 시간인 오전 8시~오후 6시 시간동안 실의 설정온도인 26℃를 크게 벗어나지 않았으며 온도가 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

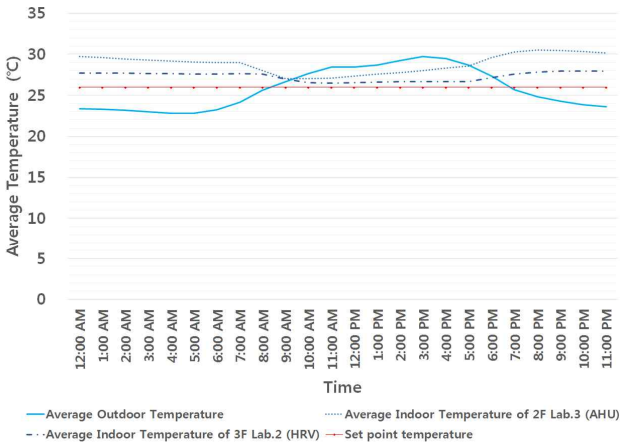

Fig. 4. Outdoor temperature and indoor temperature

4.2. FCU 에너지소비 데이터 분석

Figure 5는 실험기간 동안 각 실에 설치된 FCU의 평균 에너지 소비량을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 제시된 것처럼 각 실에서의 FCU 에너지 소비는 HRV가 설치된 실이 AHU를 설치한 실보다 대체로 높은 양상을 보였으며 건물의 운영시간인 오전 8시~오후 6시까지는 HRV가 설치된 실이 약 29%정도 에너지 소비가 더 많았다. 또한 건물 운영시간 동안 FCU의 과부하를 방지하기 위해서 HRV가 설치된 실만 오후 7시~오전 7시까지의 저녁시간에 운전되었기 때문에 HRV가 설치된 실에서만 에너지소비가 발생하였다. 따라서 오전 0시~오후 11시인 전체 시간동안 HRV가 설치된 실의 에너지소비가 약 46%정도 많은 것으로 확인되었다.

건물의 운영 시간동안 HRV를 설치한 실이 AHU를 설치한 실보다 에너지 소비가 더 많은 것으로 나타나는 이유는 각 실의 환기를 위하여 사용되는 시스템의 차이에 있다. AHU는 공기를 환기해주면서 1차 급기온도를 약 20℃로 공조하여 공기를 공급해기 때문에 하절기 실로 공급해주는 공기의 온도가 낮은 편이다. 반면 HRV를 이용하는 실의 경우에는 외부로 배기되는 실의 공기와 실로 들어오는 외기와의 열교환을 이용한 환기 시스템을 사용하기 때문에 실로 공급해주는 공기의 온도가 AHU보다 다소 높은 편이다. 따라서 HRV에 의해서 급기되는 공기와 실내의 온도차를 극복하기 위하여 해당 실은 냉방을 위하여 AHU보다 FCU의 사용이 더 많아진다. 이러한 특성 때문에 HRV를 설치한 실에서의 FCU의 에너지 소비가 더 많이 나타는 것을 확인 할 수 있다.

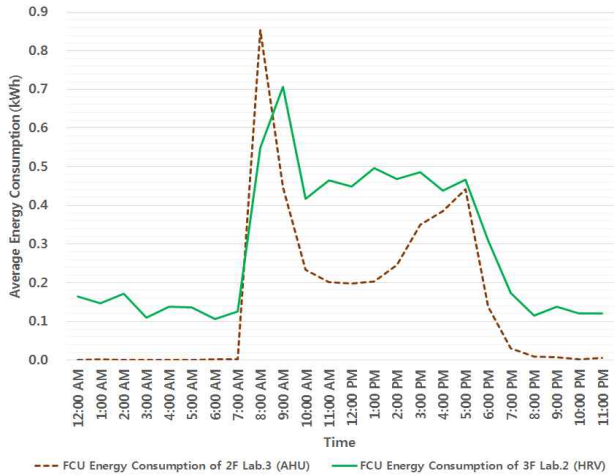

Fig. 5. Energy consumption of FCU

4.3. 환기시스템 에너지소비 데이터 분석

Figure 6은 실험기간 동안 각 실에서 사용된 환기 시스템의 에너지 소비량을 나타낸 그래프이다. HRV 시스템을 사용한 3층 연구실 2의 경우 AHU를 사용한 실에 비하여 에너지 소비량이 매우

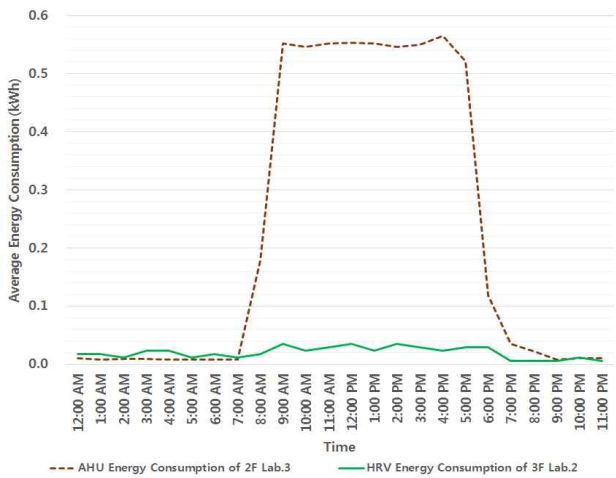

Fig. 6. Energy consumption of Ventilation System

적은 것을 알 수 있는데, 이는 기본적으로 환기를 할 때 냉방을 하여 공기를 공급하는 AHU와 달리 HRV는 별도의 냉방 없이 열 교환을 이용하여 공기를 공급해 주기 때문이다.

따라서 HRV 시스템의 에너지 소비는 기기를 작동하기 위한 전력이나 팬의 동력에 들어가는 기본적인 전기에너지만을 소비하기 때문에 적은 것으로 나타난다. 각 실에서 사용된 환기 시스템에 대한 에너지 소비량은 AHU를 설치한 실이 HRV를 설치한 실보다 약 91% 정도 많이 소비되는 것으로 확인되었다.

4.4. 총 에너지소비 데이터 분석

본 연구의 대상 실은 AHU와 FCU가 설치된 2층 연구실 3과 HRV와 FCU가 설치된 3층 연구실 2이다. 이러한 대상 실에서 하절기에 냉방을 위하여 사용되는 총 에너지 소비량은 FCU에 소비되는 냉방 에너지와 환기에 사용되는 에너지의 합으로 계산하였다. 각 실에서의 하절기 냉방에 사용되는 총 에너지 소비량은 AHU를 설치한 실 보다 HRV를 설치한 실이 더 적은 것을 확인 할 수 있었으며, 실험 기간인 17일 동안의 총 에너지 소비량을 비교하면 HRV를 사용한 실이 127.5kWh의 에너지 소비를 하였고 AHU를 사용한 실이 155.58kWh의 에너지 소비를 한 것으로 확인 되었다. 따라서 HRV를 사용한 실이 냉방에 대한 에너지를 약 22% 정도 덜 소비하는 것으로 나타났다.

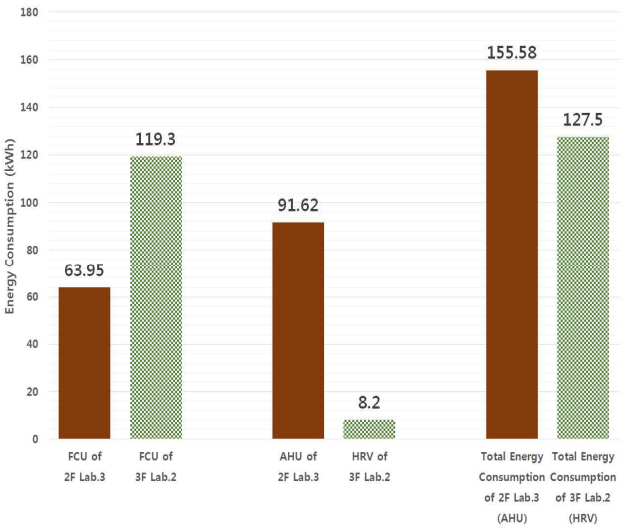

Fig. 7. Comparison of total energy consumption

4.5. 결과 해석

Figure 7은 실험기간 동안 각 실에서의 시간대별 총 에너지 소비에 대해 나타낸 그래프이다. 그래프에 제시된 A와 B는 에너지 소비가 급증하는 구간을 나타낸 것이다. AHU를 설치한 실에서 에너지 소비가 급증하는 부분은 오전 8시~10시, 오후 2시~5시로 크게 두 곳에서 나타났다. A구간인 오전 8시~10시의 구간은 건물의 사용이 시작되는 시점이기 때문에 에너지소비가 많은 것으로 확인되었고 B구간인 오후 2시~5시 구간은 외기온도가 가장 높은 시간대이기 때문에 실의 온도를 낮추기 위해서 에너지소비가 많은 것으로 확인되었다.

HRV를 설치한 실에서도 건물의 운영이 시작되는 A구간인 오전 8시~10시 구간에서 에너지 소비가 급증하였으나 해당 실에서는 건물 운영시간 동안 FCU의 과부하를 방지하기 위해 저녁시간에도 설비를 운전하여 실의 온도를 적정 수준으로 조절했기 때문에 AHU를 설치한 실만큼 에너지 소비가 급격하게 증가하지는 않았다. 또한 HRV를 설치한 실에서는 B구간인 오후 2시~5시 구간에서 에너지 소비가 급증하는 구간이 발생하지 않았는데, 이러한 현상은 Figure 4의 온도 그래프에서 명시된 것과 같이 HRV를 설치한 실의 온도가 설정온도인 26℃의 범위에서 잘 유지되어 나타나는 현상으로 판단된다. HRV를 설치한 실의 온도가 설정온도의 범위를 크게 벗어나지 않는 이유는 실내로의 급기온도 때문이다. 건물의 운영시간 동안 실내외 온도차는 약 5℃ 내외이다. 따라서 실내로 급기되는 공기는 실내외 온도차와 HRV의 75% 열교환 효율에 의해 실내온도보다 약 1~2℃정도 높은 온도인 약 27℃ 정도로 공급된다. HRV에 의해 실내로 급기되는 공기의 온도가 실의 설정온도인 26℃와 약 1~2℃ 정도로 크게 차이가 나지 않기 때문에 실의 온도는 FCU의 사용을 급격하게 늘리지 않더라도 설정온도를 유지할 수 있는 것이다. 따라서 HRV의 설치에 의해서 실의 온도가 설정온도의 범위 내에서 잘 유지되기 때문에 에너지소비가 급증하지 않게 된다. 이러한 이유로 총 에너지 소비량 그래프에서 HRV가 설치된 실은 오후 2시~5시에 에너지 소비가 일정한 범위 내에서 나타나는 것으로 판단된다.

또한 HRV가 설치된 실은 AHU가 설치된 실과 달리 FCU의 과부하 방지를 위해 저녁시간에도 운전을 하였음에도 불구하고 총 에너지 소비량은 AHU가 설치된 실에 비하여 약 22%정도 적은 것으로 나타났다.

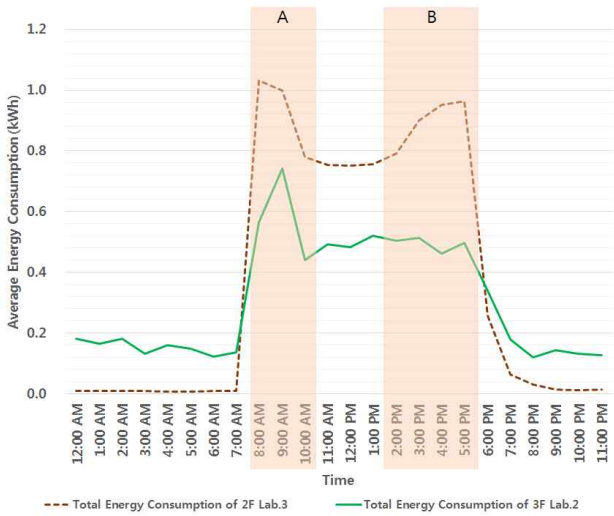

Fig. 8. Total energy consumption

5. 결론

기존의 연구에서는 전열교환 환기시스템의 에너지 성능 평가에 대하여 공동주택을 대상으로 하는 경우가 대부분 이었으며, 실험실이나 시뮬레이션을 통해 진행한 사례가 많았다. 그러나 실제로 완공

된 건물의 실의 에너지 소비량을 실측하여 평가하는 경우에 대한 사례는 적었으며, 특히 업무용 오피스 건물에서의 HRV 에너지 성능평가에 대한 사례는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 환기 설비 종류에 따른 하절기 냉방 에너지 소비량을 비교하기 위하여 실제로 운영되는 업무용 오피스 건물의 실측 데이터 값을 사용하였다. 대상 건물의 동일한 환경에서 실험되었으며 2층의 연구실 3은 AHU가 설치되어 있고 3층의 연구실 2는 HRV가 설치되어 있다. 또한 각 실 모두 냉방을 위하여 FCU가 설치되어 있다.

각 실에서 FCU 및 환기설비의 유량, 환수온도, 급수온도를 실측하여 에너지 소비량을 계산하였으며 AHU를 설치한 실과 HRV를 설치한 실의 에너지소비를 비교·분석함으로써 실제 오피스 건물에 적용된 환기 설비의 종류에 따른 냉방에너지 차이를 분석하였다. 실험에 대한 냉방에너지 비교·분석 결과는 다음과 같다.

(1) 건물의 운영시간인 오전 8시부터 오후 6시에서 각 실 모두 실내 설정온도 26℃를 기준으로 4℃정도의 온도차 범위 내에 있는 것으로 확인되었다. HRV가 설치된 실이 AHU를 설치한 실에 비하여 실내 온도가 더 낮게 유지되는 양상을 보였으며, 특히 HRV가 설치된 실의 경우 건물의 운영시간 동안 실의 설정온도인 26℃를 크게 벗어나지 않았으며 온도가 비교적 일정하게 유지되는 것으로 나타났다.

(2) 건물의 운영시간 동안 AHU를 설치한 실보다 HRV를 설치한 실의 FCU 에너지 소비가 약 29% 더 많은 것으로 나타났다. 냉방을 하여 약 20℃의 낮은 온도의 공기를 공급하는 AHU와 달리 HRV는 냉방 없이 외기와의 직접적인 열교환을 이용하여 공기를 공급한다. 따라서 HRV를 설치한 실에서 실내로의 급기 온도가 다소 높아져서 AHU를 사용한 실보다 FCU의 에너지 소비가 많은 것으로 나타났다.

(3) AHU를 설치한 실에서 사용되는 에너지 소비량보다 HRV를 설치한 실의 환기 설비에 대한 에너지 소비가 현저히 적은 것을 확인 할 수 있는데, 이는 공조를 하여 냉방에 대한 에너지를 소비하는 AHU와 달리 HRV는 냉방에 대한 에너지가 사용되지 않기 때문인 것으로 확인되었다.

(4) 총 에너지 소비량은 FCU의 에너지 소비량과 환기 시스템의 에너지 소비량을 합친 것으로서, AHU를 설치한 실보다 HRV를 설치한 실의 총 에너지 소비가 적은 양상을 보였다. 특히 실험기간인 17일 동안 HRV를 사용한 실이 127.5 kWh의 에너지를 소비하였고, AHU를 사용한 실이 155.58kWh의 에너지 소비를 하여 HRV를 설치한 실의 에너지 소비량이 약 22% 더 적게 나온 것을 확인 할 수 있었다.

(5) 각 실의 총 에너지 소비에 대한 그래프에서 AHU를 설치한 실의 에너지 소비가 급증하는 부분은 오전 8시~10시와 오후 2시~5시로 크게 두 곳에서 나타났다. 오전은 건물의 운영이 시작되는 구간이기 때문에 에너지 소비가 급증하고 오후는 외기의 온도가 가장 높은 구간이기 때문에 에너지 소비가 급증하는 것으로 판단된다. 반면 HRV를 설치한 실은 건물의 운영이 시작되는 오전 8시~10시 구간에서만 에너지 소비가 급증하였는데, 오후에 에너지 소비가 급증하지 않은 이유는 해당 실의 온도가 설정온도의 범위 내에서 잘 유지되었기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서는 동일한 외피와 환경 조건에서 진행된 AHU 시스템과 HRV 시스템의 Side-by-Side Test를 통하여 각 실의 냉방에너지를 비교·분석하였다. 그 결과 HRV가 적용된 실의 하절기 냉방에너지소비량이 약 22%정도 절감되는 효과를 확인 할 수 있었다. 또한 HRV 시스템이 설치된 실의 최대 에너지 소비량이 AHU 시스템보다 현저하게 낮은 것을 확인 할 수 있는데, 이러한 HRV 시스템의 영향으로 건물의 에너지 Peak demand가 감소하면 전력요금의 측면에서도 유리하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgements

This work is financially supported by Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) and Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) in 2016. (Project number : 20152010103180)

Reference

[1] 국토교통부, “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”, 국토교통부령 제 219호
[2] 김상민, 박병윤, 손장열, “공동주택 열교환기의 성능 및 에너지소비 특성 평가”, 설비공학 논문집 17권 5호, 2005 // (Sang-Min Kim, Byung-Yoon Park, Jang-Yeul Sohn, “Evaluation of the Performance and the Energy Consumption Characteristics of Heat Recovery Ventilators in Apartments.”, Korean Journal Of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.17, No.5, 2005)
[3] 김선숙, 이정재, 이윤규, “외기조건에 따른 열회수형 환기시스템의 성능평가”, 대한건축학회 논문집 24권 8호, 2008 // (Kim Sun-Sook, Yee Jurng-Jae, Lee Yun-Gyu, “Performance Evaluation of an Energy Recovery Ventilator with Various Outdoor Climate Conditions.”, Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.24, No.8, 2008)
[4] 이명주, 김원석, 이우주, 이원택, “건축물에너지절약요소기술 적용에 따른 단독주택 에너지 요구량 절감률 변화에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 28권 5호, 2012 // (Lee Myoung-Ju, Kim Won-Seok, Lee Woo-Joo, Lee Won-Taek, “A Study about Reduction Rates of Building Energy Demand for a Detached House according to Building Energy Efficient Methods.”, Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.28, No.5, 2012)
[5] 이재동, “포스코 그린빌딩 개요”, 건축환경설비 6권 2호, 2012
[6] 이진욱, 이승복, 김태연, “에너지 절감형 업무용 건물의 에너지 성능 측정 및 검증에 관한 사례 연구”, 대한건축학회 논문집 31권 2호, 2015 // (Lee, Jin-Uk, Leigh, Seung-Bok, Kim, Taeyeon, “A Case Study on Energy Performance Measurement and Verification of an Energy Saving Office Building.”, Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.31, No.2, 2015)
[7] 국토교통부, “건축물의 에너지절약설계기준 해설서”, 국토교통부 고시 제 2015 - 1108호
[8] 정다은, 이은규, 이승복, 김태연, “오피스 빌딩에 적용된 FCU, 칠드빔, 천장 복사 패널의 특성 비교”, 연세대학교 건축공학과 석사학위 논문, 2015 // (Chung, Da-Eun, “A Study on the Application of Radiant Floor Cooling System Using Capillary Tube in Residential Buildings.”, Master thesis, Yonsei University, Korea, 2015)