

# 환기 병용형 냉난방 시스템 설계 및 현장 적용 사례 연구

이 홍 철<sup>†</sup> · 황 인 주 · 신 현 준

한국건설기술연구원 화재 및 설비연구센터

## A Case Study of Hybrid Air Conditioning and Ventilation System

Hong-Cheol Lee<sup>†</sup>, In-Ju Hwang, Hyun-Joon Shin

Fire & Engineering Services Research Center, Korea Institute of Construction Technology

**ABSTRACT:** In this study it was evaluated that hybrid air conditioning and ventilation system to reduce energy consumption and keep on comfortable indoor environment in an underground shopping center. Room temperature by hybrid HAVC system was controled as 1.8~2.1°C low and indoor humidity was controled as 4.1~5.0%RH low, and response was fast in 2.0~2.5 times compared with conventional system. And also transportation efficiency of hybrid HVAC system was improved in about 27%, and total energy consumption rate of hybrid HVAC system is decreased in 16% compared with conventional system.

**Key words:** Shopping center in underground passage(지하도 상가), Cooling and heating(냉난방), Ventilation(환기), Indoor environment(실내환경)

### 기 호 설 명

- h : 높이, m
- P : 소비전력, W
- Q : 열량, kcal/h
- T : 온도, °C
- out : 외부
- in : 내부
- OAHU : Outer air handling unit
- FCU : Fan coil unit
- H : 습도, RH%

### 1. 서 론

최근 실내에서 생활하는 시간이 길어지고, 생활의 질이 향상됨에 따라 실내 쾌적성에 대한 관

심이 높아지고 있다.

이에 따라 환경부에서는 2003년 5월 ‘다중이용 시설 등의 실내 공기질 관리법’을 공포하였으며, 2004년 4월, 2005년 5월에 관련법을 개정함<sup>1)</sup>으로써 제도적으로 실내 공기질을 향상시키기 위하여 노력하고 있다.

그러나 실내 쾌적성만을 고려하는 경우 환기량의 증가에 따르는 건물에너지 손실을 수반하게 되어 실내 공기질과 에너지 이용 효율을 복합적으로 고려하여 환기와 냉난방을 실시하여야 한다.

다만, 현재까지의 냉난방, 환기시스템은 일부 중소형 시스템에서 채택되고 있는 전공기 방식의 HVAC 시스템을 제외하면, 냉난방 시스템과 환기 시스템이 독립적으로 운전되어지는 경우가 대부분이다.

또한 상호 복합적인 고려가 이루어지지 않기 때문에 과도한 에너지의 소모를 수반할 뿐만 아니라 실내 공기환경 및 열환경 제어시스템이 상호 장애 요인으로 작용하고 있다.

<sup>†</sup> Corresponding author  
Tel.: +82-31-369-0514; fax: +82-31-369-0540  
E-mail address: hclee@kict.re.kr

또한 천장부를 중심으로 FCU, 급배기구, 등기구 등 다양한 기기가 산재하고 있어 실내 공간의 미려한 외관의 확보가 불가능하다.

이에 본 연구에서는 지하도상가를 대상으로 실내 청정한 공기환경을 유지하면서, 환기에 따르는 냉난방 에너지비용을 최소화 할 수 있는 환기 병용형 냉난방 시스템을 제안하였으며, 다중이용시설을 대상으로 시스템을 시범 설치하고, 시운전, 평가를 통하여 에너지 절감 특성 등을 평가하였다.

## 2. 지하도상가의 냉난방 · 환기시스템

### 2.1 냉난방 · 환기 시스템

기존 지하도상가의 공조시스템의 경우 Fig. 1과 같이 공조기를 이용하여 외기부하와 실내 냉난방 부하를 해소하는 시스템 또는 필요에 따라 환기시스템과 별도로 국소 냉난방 시스템을 시공하는 것이 일반적이다.

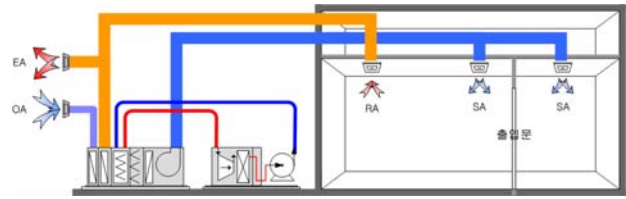
Fig. 1 (a)의 경우 공조기를 이용하여 외기부하, 실내부하를 모두 처리하기 때문에 소규모 공간에서의 냉난방 · 환기 제어 특성이 우수하나, 장대형 지하도상가 등 대규모 공간에서는 급배기를 이용하여 냉난방 부하를 공급하는 과정에서 반송 시스템 등의 대형화가 불가피하다.

또한 에너지 운송 효율이 낮은 공기를 이용한 냉난방 과정에서 반송 동력의 증가가 불가피하며, 대량의 급기, 배기가 실시되는 과정에서 소음 발생, 덕트 내부 결로 등의 우려가 있다.

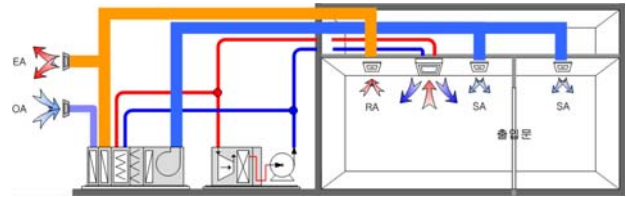
Fig. 1 (b)의 경우 냉난방 시스템과 환기시스템을 별도로 설치함으로써 Fig. 1 (a)에서 발생하는 대형 공조기 및 반송시스템의 저감, 소음 발생의 방지가 가능하나, 외기부하 처리 및 실내 부하 처리 시스템의 개별 설치로 시스템의 대형화가 불가피하고, 실내 환경 제어에 적합하지 않다.

현장조사 결과 대부분의 지하도상가에서 천장내 공간 대부분을 덕트, 댐퍼, 배관 등 설비가 점유하고 있음에도 불구하고 교차지점에서의 덕트 단면 축소, 각종 댐퍼의 설치, 원거리 급기 등의 이유로 말단부에서 급기 부족 현상이 발생하여 입주민들의 민원이 발생하고 있다.

## 3. 환기 병용형 냉난방 시스템



(a) All air type



(b) Dual type

Fig. 1 HVAC systems for underground shopping center.



Fig. 2 Picture of facilities inside ceiling for underground shopping center.

### 3.1 환기 병용형 냉난방 시스템의 구성

본 연구에서는 Fig. 3과 같이 환기 병용형 냉난방시스템을 제시하였다.

냉난방은 구역별 온도제어가 가능한 수배관 FCU 방식의 실내 유닛을 적용하고, 천장형 냉난방 유닛에 환기구를 직결한 방식으로 지하도 상가에 적합하게 구성하였다.

Fig. 3의 경우 환기 병용형 냉난방 유닛을 중심으로 환기 및 냉난방 열원기기를 연계하여 시스템을 단순화하였으며, 냉난방 및 환기 제어 유닛을 일원화하여 제어특성을 개선하고자 하였다.

단일 열원기기를 공조기와 급배기 겸용 실내 냉난방 열교환 유닛과 연계하기 위하여 3-way 밸브를 비례제어 방식에 의하여 제어하였다.

또한 환기 병용형 냉난방 팬코일 유닛을 적용

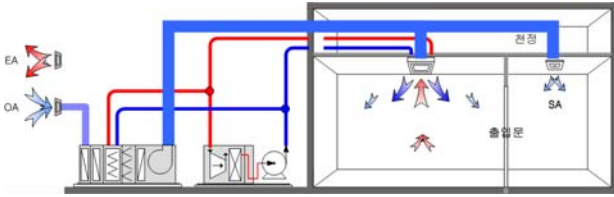
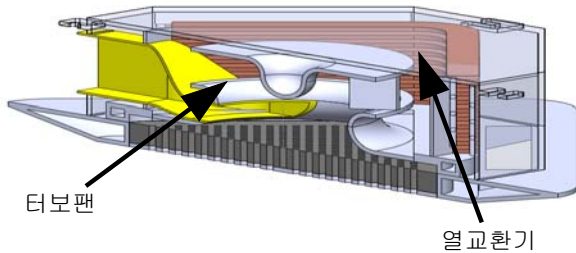
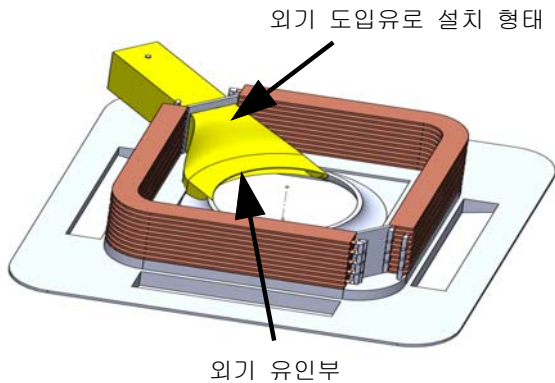


Fig. 3 Hybrid type HVAC system for underground shopping center.



(a) A section view of hybrid unit.



(b) A iso view of hybrid unit.

Fig. 4 Hybrid air conditioning unit with ventilation passage.

함으로써 부가적으로 미려하고 단순한 천장부 외관을 확보하였다.

환기 병용형 냉난방 유닛은 쾌적한 실내 온열환경 및 공기질을 확보하기 위한 신선 외기 도입부를 직접 연결한 냉난방 유닛으로서 Fig. 4에 도시하였다.

환기 병용형 냉난방 유닛의 경우 신선 외기를 직접 도입하여 송풍팬 이전에 직접 연계하므로써 송풍팬에 의한 자연적 유입, 순환이 가능하고, 외기를 열교환기 전단에 도입하여 열 환경의 유지에 유리한 구조를 제시하였다.

Fig. 4에 도시하고 있는 것과 같이 기존의 천장 카세트형 냉난방 유닛의 열교환기를 2열 형태

의 분리형으로 변경하였으며, 열교환기 분리부에서 폭 0.10 m, 높이 0.15 m 이상의 외기 도입부를 확보하기 위하여 열교환기 분리부를 토출구 유동에 방해받지 않는 범위(폭 0.12 m)에서 확장하였다.

또한 외기 유인부의 연계를 위하여 재순환 환기의 안내 날개의 1/4을 절개하여 외기 유인부와 연계하였다.

이를 통하여 부가적으로 실내 유닛의 내부에 설치된 터보팬의 운전만으로도 외기의 유인이 가능한 구조를 도출하여 외기가 실내 유닛 근 거리에 있는 경우 부가적 장치를 이용하지 않고도 외기의 도입이 가능한 구조를 제시하였다.

### 3.2 환기 병용형 냉난방 시스템 설계 및 설치

환기 병용형 냉난방 시스템의 설계는 서울 종로에 위치한 서울노인복지센터를 대상으로 하였으며, Table 1, Table 2의 건축물에너지절약설계기준(서울)에 따라 이루어졌으며, 서울노인복지센터 설계 자료를 이용하여, 기준공조대상면적 635 m<sup>2</sup>, 재실인원 420인을 기준하였다.

인체발열량은 공조설비 설계기준을 이용하여 Table 3과 같이 설계되었으며, 신선 외기량은 ASHRAE standard 62에 따라 34 CMH/인을 기준하여 설계되었다.

냉난방, 환기시스템의 설계기준에 따라 냉난방 및 환기시스템을 설계하였으며, 58,380 kcal/h의 인체부하, 32,340 kcal/h의 조명부하가 발생하고 있으며, 외기에 접해있는 북측, 남측 외벽에 대하여 17,995 kcal/h의 벽체 부하가 발생하고 있다.

신선외기 도입에 따른 외기부하가 92,534 kcal/h가 발생하여 전체 182,561 kcal/h의 냉난방 부하가 발생하고 있으며, 이중 신선외기 도입시 공조기에서 119,952 kcal/h를 처리하고, 실내 유닛에서 62,609 kcal/h의 실내 부하를 처리하도록 118 kW OAHU용 EHP, 90 kW 실내기용 EHP를 설치하였다.

또한 신선외기의 직접 도입이 가능하도록 5.6 kW 실내 냉난방 유닛을 구조 변경하여 16대를 설치하였다.

Fig. 5는 환기 병용형 냉난방 환기시스템 설치 전경을 도시하고 있는 그림으로 시범적용 현장의 기존 설비를 철거하고, 구조 변경된 실내유닛 및

Tale 1 Ambient temperature and humidity for design.

	온도, °C	습도, RH%	비고
냉방기	31.2	64.0	
난방기	-11.3	63	

Tale 2 Indoor temperature and humidity for design.

	온도, °C	습도, RH%	비고
냉방기	25.0	60.0	
난방기	20.0		

Tale 3 The standard of heat generation of human body.

	현열(kcal/h·인)	잠열(kcal/h·인)	비고
여름(26°C)	62	77	
겨울(22°C)	78	61	

Tale 4 Indoor heat generation.

구분	부하량, kcal/h	비고
채실인원	26,040	현열
	32,340	잠열
조명	13,652	현열
합계	72,032	

Tale 5 Condition heat load through wall.

구분	부하량, kcal/h	비고
북측 외벽	6,423	(현열)
남측 외벽	11,572	(현열)
동서측 내벽	0	내부구조물
벽체, 창호	0	안전율 고려
합계	17,995	

OAHU, EHP의 설치 전경을 보여주고 있다.

#### 4. 운전 특성 평가 및 결과

환기 병용형 냉난방 환기시스템의 운전 특성 평가를 위하여 실내 열 및 공기환경 측정 장비,



(a) Application site and hybrid unit.



(b) After installation of unit, duct etc.



(c) Heating and cooling equipment.

Fig. 5 Installation pictures of hybrid unit.

열량계, 소비전력 측정계 등을 설치하였으며, Delta OHM사에서 제공하는 DO9847 계측장비를 이용하여 실내 온열환경을 측정하고, KX4Checker 장비를 이용하여 실내 공급열량 및 EHP 운전 특성을 측정하였다. 또한 ALGODUE사에서 제공하는 UPM 6100 장비를 이용하여 소비전력을 측정하였다.

Fig. 6~Fig. 8은 기존 전공기 환기 방식의 냉난방 시스템과 환기 병용형 FCU를 적용한 냉난방 시스템의 냉방 운전에 따른 실내 열환경을 도시하고 있는 그림이다.

OAHU의 운전량 감소 및 환기 병용형 FCU의 적용에 따라 유사한 형태로 실내 온도, 습도가 감소하고 있음을 나타내고 있다.

외기온도 34°C, 초기 실내온도 32~33°C 조건에서 시스템 운전에 따라 전공기 환기 방식의 냉방 시스템 운전 결과와 비교하여 환기 병용형 FCU 가동시 실내 습도의 경우 0.21 RH%/min에서 0.41 RH%/min, 0.51 RH%/min로 2~2.5배 빠르게 감소하고 있음을 도시하고 있으며, 온도의 경우 0.3°C/min에서 0.66°C/min, 0.65°C/min로

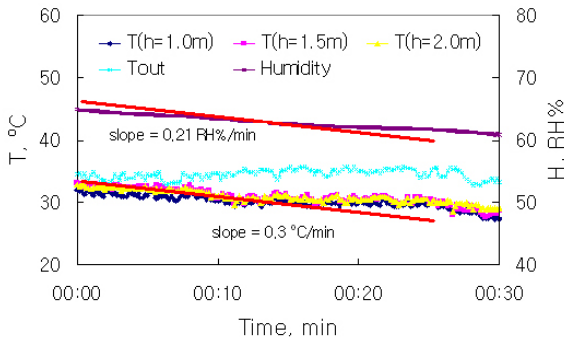


Fig. 6 Indoor temperature and humidity. (OAHU=100%, FCU=stop)

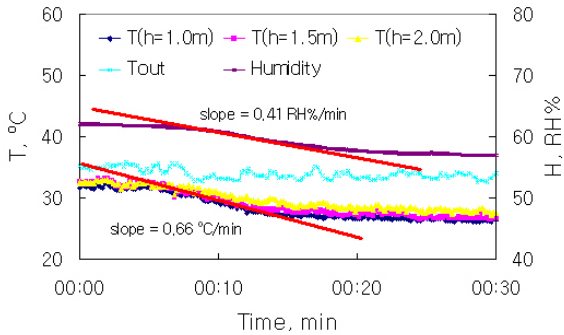


Fig. 7 Indoor temperature and humidity. (OAHU=100%, FCU=26°C)

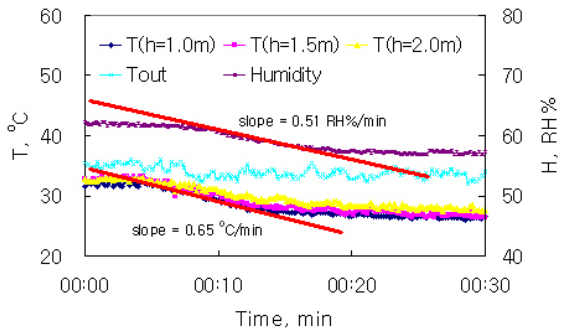


Fig. 8 Indoor temperature and humidity. (OAHU=33%, FCU=26°C)

2.22배 빠르게 감소하고 있다.

이는 환기 병용형 FCU의 도입에 따른 온습도 제어 능력의 개선 및 외기 도입량 감소에 의한 것으로 판단되어진다.

Fig. 9는 냉난방, 환기시스템의 초기 운전 후 30분경의 정상상태 실내 환경을 비교한 결과로서 유사한 외기 조건 중 전공기 환기 방식 냉난방 시스템에 비하여 환기 병용형 냉난방 시스템에서 실내 온도가 약 1.8°C, 2.1°C 낮게 제어되고 있으며, 실내 습도는 약 4.1 RH%, 5.0 RH% 낮게 제

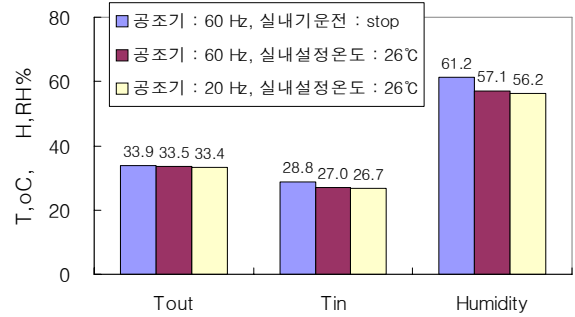


Fig. 9 Temperature and humidity at steady state in the room.

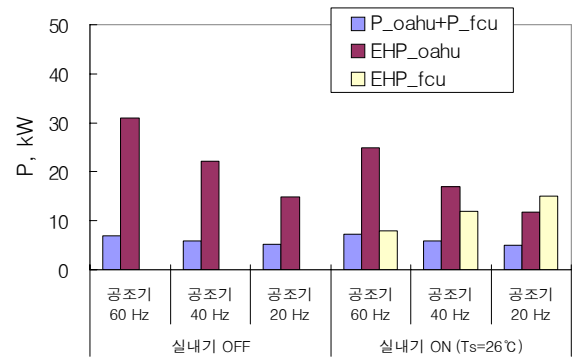


Fig. 10 Consumption electric power of OAHU, EHP<sub>OAHU</sub>, EHP<sub>FCU</sub>.

어되고 있다.

이는 실내에 위치한 FCU에 비하여 OAHU의 급기가 실외에서 실내에 공급되는 과정에서의 열손실 및 급기 도달거리가 길어짐에 따른 제어 특성과 외기 도입에 따른 차이로 판단되어진다.

Fig. 10은 공조기 운전부하 및 실내 유닛의 운전 유무에 따른 조건별 OAHU의 반송 소비전력, OAHU용 EHP의 냉방 소비전력, FCU용 EHP의 냉방 소비전력을 각각 도시하고 있는 그림으로 전공기 환기방식의 냉방시스템 운전 조건에서 OAHU의 운전량이 100%, 66%, 33%로 감소함에 따라 OAHU 반송소비전력은 7.0, 5.9, 5.2 kW로 감소, EHP 소비전력은 31.0, 22.1, 14.9 kW로 감소하여, 전체 38.0, 28.0, 20.1로 소비전력이 감소하고 있다.

환기 병용형 FCU를 이용한 냉방시스템의 경우 목표 온도 26°C 조건에서 OAHU 반송소비전력은 7.2, 5.9, 5.1 kW로 감소, EHP 소비전력은 32.9, 29.0, 26.8 kW로 감소하여, 전체 40.1, 34.9, 31.9

로 소비전력이 감소하고 있다.

Fig. 6~Fig. 8, Fig. 9~Fig. 10의 결과를 종합적으로 검토하면 최대 부하 운전시 전공기 환기 방식의 냉방시스템의 운전 조건에 비하여 최소부하 운전시 환기 병용형 FCU를 도입한 냉방시스템의 운전조건에서 실내 온도가 1.8°C, 2.1°C, 습도 4.1 RH%, 5.0 RH% 개선되었으며, 제어특성의 경우 2.0~2.5배 개선되었다.

## 6. 결론

이상과 같이 환기 병용형 FCU를 이용한 냉난방 시스템의 설치 및 운전을 통하여 기존 전공기 환기방식의 냉난방시스템과 운전 특성을 비교하였으며, 주요 결론은 다음과 같다.

전공기 환기방식의 냉방시스템의 운전 조건에 비하여 환기 병용형 FCU를 도입한 냉방시스템의 운전조건에서 실내 온도 제어특성이 1.8°C, 2.1°C, 습도 제어특성이 4.1 RH%, 5.0 RH% 개선되었으며, 2.0~2.5 정도 신속한 반응 특성을 개선됨을 확인하였다.

기존의 전공기 환기방식 냉방시스템에 비하여 개량된 환기 병용형 FCU를 이용한 냉방시스템의 경우 에너지 운송 효율이 소비전력 기준 약 27% 이상 개선됨을 확인하였으며, 시스템 전체 에너지 소비가 16% 감소함을 확인하였다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업인 "지하공간 환경개선 및 방재기술 연구사업(03산학연 C03-01)"의 일부 결과임을 알립니다.

## 참고문헌

1. H. C. Lee, I. J. Hwang, An Experimental Study on the Operating Characteristics with HVAC Type of Shopping Center in Underground Passage, SAREK 2007 Winter Annual Conference, pp. 76-82. 2007.
2. H. C. Lee, I. J. Hwang, H. J. Shin, A Numerical Study on the Airflow and Temperature Distribution in the Underground Shopping Street with Tunnel Shape, SAREK 2004 Winter Annual Conference, pp. 165-170. 2004.
3. Y. K. Kim, J. J. Yee, Evaluation of Thermal Environment on Air-barrier Type Perimeterless System with Under floor Air Conditioning System, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 5, pp. 346-351, 2003.
4. J. Y. Kim, H. J. Shin, Development of HVAC System to Lower the Conveyance Energy and Building Height, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 2, pp. 116-125, 2003.
5. S. D. Kim, A Study on the Design Standard of Demand Factor and Load Characteristics in Underground Streets, The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 10, No. 4, pp. 62-67, 1996.
6. 다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법, 환경부.