

## 환기시스템을 갖춘 온돌 성능에 관한 연구

전성택<sup>1\*</sup>, 조진표<sup>2</sup>

<sup>1</sup>인천대학교 기계시스템공학부, <sup>2</sup>인천대학교 기계·전자 RIC

### A Study on the Performance of Ondol with a Ventilation System

Sung-Taek Jeon<sup>1\*</sup>, Jin-Pyo Cho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Devison of Mechanical system Engineering, Incheon University

<sup>2</sup>Mechanic·Electron Regional Innovation Center, Incheon University

**요약** 현대의 공동 주택은 에너지 효율을 높이기 위해 고기밀, 고단열 방식으로 지어지고 있는데 이러한 경우 환기량 부족에 따른 각종 부작용이 발생을 한다. 본 연구에서는 우리나라의 겨울철 대표적인 난방원으로 사용되고 있는 온돌시스템을 기본으로 구성하고 환기방법에 따른 실내 열환경을 평가하여 환기 방식에 따른 에너지 절감 요인을 분석하였다. 실험장치는 일정한 외기 조건을 모사하기 위해 항온항습 챔버에 뜬바닥 온돌 시스템을 설치하고 온돌시스템의 외기온도/습도 조건은 3조건(10℃/50%Rh, 0℃/-, -10℃,-)으로 설정 하였다. 공급되는 온수온도는 2 조건(60℃, 50℃) 설정하여 설정된 환기 방식에 따라 성능시험을 수행 하여 열 환경 및 에너지 절감 요인을 비교 분석 하였다. 실험결과 급기온도는 온수온도가 높을수록 급기풍량이 적을수록 높았으며 바닥 급/배기 > 전열교환 급/배기 > 강제 급/배기 순으로 나타났다. 본 연구를 통해 다양한 환기 방식의 적용 가능성에 대하여 검토 할 수 있었다.

**Abstract** Modern apartment houses are constructed to be relatively airtight with a high heat insulation system to increase the energy efficiency. Such a system has a range of deleterious effects due to the insufficient ventilation. In this study, the ondol system, which is used as a heat source typical of winter in Korea, was set as the default system to evaluate the indoor heat environment according to the ventilation method, the factors of energy reduction by the ventilation system was analyzed. The experimental apparatus was used to simulate the ambient conditions for a certain constant temperature and humidity chamber. The experimental results showed that the supply water temperature higher air volume decreases with increasing supply air temperature in the following order: floor supply/exhaust > total heat exchange supply/exhaust > forced supply/exhaust. Through this study, the applicability of various ventilations could be examined.

**Key Words** : Ondol, Total heat exchanger, Ventilation system

### 1. 서론

현대 공동주택은 에너지 절감과 효율적인 사용을 위해서 실내 가옥 구조를 고기밀, 고단열 방식으로 지어지고 있다. 그에 따라 밀폐된 실내공간에서 발생한 오염물질이 제때 밖으로 배출되지 못해 실내 환경은 악화되기 시작하였다. 미국이나 유럽과 같은 산업화된 사회의 경

우 사람들은 실내에서 하루 평균 90% 이상의 시간을 보내는 것으로 나타나고 있어 실내 오염물질에 대한 폐해가 속속 보고되고 있다. 이에 정부는 2006년 2월 건축물의 설비 기준 등에 관한 규칙을 개정하여 환기설비의 기준을 마련 하는등 실내 공기질 문제점을 보완하는 대책을 제시하고 있다.[1,2] 특히 공동주택의 필요 환기량을 정하고 자연환기로 필요 환기량을 확보할 수 없는 경우

이 논문은 인천대학교 2012년도 자체 연구비지원에 의하여 연구 되었음.

\*Corresponding Author : Sung-Taek Jeon(Incheon Univ.)

Tel: +82-2-835-8681 email: stjeon@incheon.ac.kr

Received March 11, 2014

Revised April 14, 2014

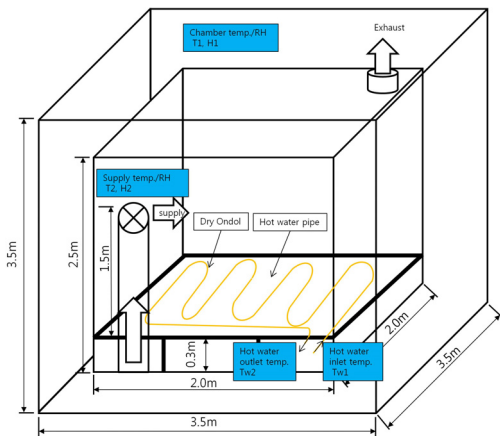
Accepted July 10, 2014

기계 환기장치 설치를 의무화 되어 있다.

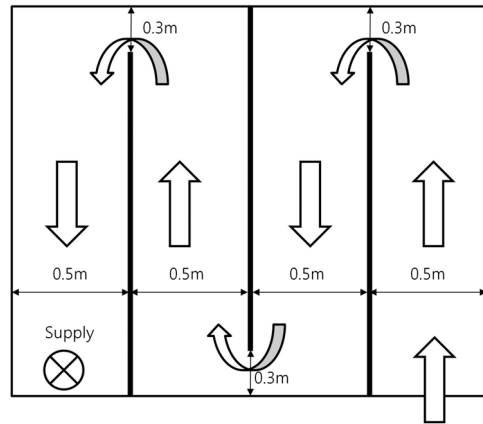
기존의 연구를 보면 장형채등[3]은 온돌구조체에 급기 배관을 매입하여 겨울철 난방시 온돌구조체의 열에 의해 도입외기를 가열하는 환기시스템을 대상으로 하여, 매입배관의 길이에 따른 검토를 하였으며, 신재규등[4]은 뜬바닥 온돌시스템의 Mock-up 실험 자료를 바탕으로 시뮬레이션을 통한 실제 공동주택에 적용가능성을 검토하였다. 김옥등은[5] 겨울철 외기 도입에 따른 온돌 하부의 매립 덕트 주변 구조체 온도 변화를 모델 주택으로 대상으로 측정, 분석하였다. 이들의 연구는 모델 주택에서 겨울철 외기온도 변화에 따른 실내 열환경에 대하여 분석하였다.

본 연구에서는 실외 온도와 습도를 가변할 수 있는 항온 항습 챔버내에 우리나라의 겨울철 대표적인 난방 방식인 온돌시스템을 기본으로 구성하고 적용된 공간에서 환기방법에 따른 실내 열환경을 평가하여 환기 방식에 따른 에너지 절감 요인을 비교하였다. 연구의 절차는 다음과 같다.

- (1) 항온항습 챔버에 알루미늄프로파일로 뜬바닥 온돌 시스템을 구성하고 바닥 급/배기, 환기장치 급/배기, 강제 급/배기를 위한 시험 장치를 설치한다.
- (2) 실외측 온도 조건은 항온항습 챔버를 이용해서 겨울철 외기조건을 묘사하여 설정 하였고 환기방식에 따른 성능시험을 수행한다.
- (3) 온돌 바닥으로 공급되는 온수 온도, 급/배기 풍량을 바꾸어 가면서 실내로 급기 되는 공기 온/습도를 측정하여 시험 결과를 분석하였다.



(a) Experimental device configuration



(b) Floor air flow passage

[Fig. 1] Experimental apparatus

## 2. 본론

### 2.1 실험 장치

Fig. 1의 (a)에는 성능시험을 위한 실험장치의 설치 그림이 그려져 있다. 겨울철 실외 환경을 구현하기 위해 항온항습 챔버를 사용 하였는데, 항온항습 챔버의 내부 공간 크기는 3.5m(W)×3.5m(D)×2.5m(H)이고 온도 조절 범위는 -30℃~ 80℃, 습도 조절 범위는 10~95 % Rh까지 설정이 가능하고, 온도 정밀도는 ±0.01℃이고 습도는 ± 1%로 정확히 제어된다.

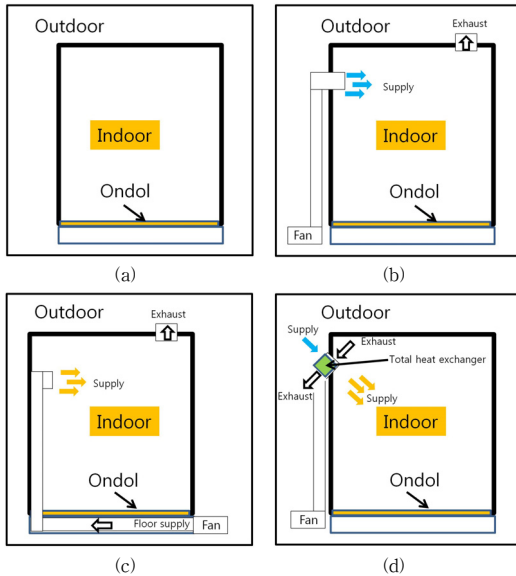
항온 항습 챔버 내에 실험을 위한 온돌시스템을 설치 하였다. 온돌시스템의 크기는 2.0m(W)×2.0m(D)×2.5m(H)의 크기로 제작되었다. 실험장치의 프레임은 알루미늄 프로파일로 견고하게 만들었고 10cm의 압축 펑크폼을 사용하여 벽체를 단열 하였다. 실험장치의 바닥은 뜬바닥 구조로 구성하였으며 뜬바닥 상부에 건식 온돌과 강화 마루를 설치하였고, 건식온돌의 하부 발열량을 효과적으로 이용하기 위하여 하부 공기유로를 형성 하였다. Fig. 1의 (b)에는 온돌 밑의 하부 환기구 공기유로를 표시하였다. 온돌 바닥의 열 이용을 최대화하기 위해 공기유로는 지그재그 형태로 격벽을 설치하여 유입되는 구조로 형성 하였다. 실내로 공급되는 공기 급기구의 높이는 일반 성인의 가슴 높이인 1.5m 에 설치하였다.

실험장치의 온도/습도 측정은 외기 온도/습도(T1, H1)와 급기 온도/습도(T2, H2), 온돌 온수 입구/출구온도

(Tw1, Tw2)를 측정하였다. 온도측정의 정밀도  $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 의 RTD 센서를 사용해서 측정하였고, 습도는 오차 1%의 정밀 습도센서를 사용하였다. 측정된 온도/습도는 Yokogawa Mx-100을 사용하여 컴퓨터에 저장하였다.

### 2.1 실험 방법

실험 방법은 항온 항습 챔버내 설치된 온돌시스템에 4가지 조건으로 시험을 진행 하였다. Fig. 2에는 실험 조건이 그림으로 표시되어 있다. (a)실험 조건은 실내공기의 급/배기 없이 온돌패널의 온도만 조절하여 측정하였고, (b) 조건에서는 외기공기를 “강”, “약” 모드로 변화 하면서 급기/배기 하였다. (c) 조건에서는 외부 공기 급기를 온돌바닥 환기구로 하였고 배기는 급기의 대각선 상부로 하였다. (d) 조건은 전열교환기를 통과하여 급기와 배기를 하였다. 이때 급기 풍량과 배기 풍량을 동일하게 맞추어 급/배기 하였다. 배기구와 급기구의 위치는 모든 조건에서 동일한 위치에서 설치되었다.



[Fig. 2] Test conditions

- (a) Do not ventilation
- (b) Outdoor air ventilation
- (c) Floor ventilation
- (d) Total heat exchanger ventilation

실험 온도/습도 조건은 Table 1에 자세히 나타나 있다. Table 1의 실험 조건을 보면 외기온도/상대습도가 1

$0^{\circ}\text{C}/50\%$ 이고 온수공급 온도가  $50^{\circ}\text{C}$ 인 경우 7개 조건(1) 환기 없는 조건, 2)외부공기 강제급배기 풍량 강, 3)외부공기 강제급배기 풍량 약, 4) 바닥급기 천정 배기 풍량 강, 5) 바닥급기 천정 배기 풍량 약, 6)전열교환기 급기/배기 풍량 강, 7) 전열교환기 급기/배기 풍량 약)으로 시험을 수행 하였고, 총 6개의 외기 온도 조건에 따라 각각 수행하여 전체 42회 실험을 수행하였다. 상대습도 조건은 상온 상태만 설정하였다. 급기와 배기 풍량 측정은 노즐 방식의 팬시험기를 사용하여 정확히 측정하였고 덤퍼를 사용하여 실험 조건별로 조절하여 시험하였다. 급기/배기 풍량은 “강” 조건인 경우  $83.4\text{ m}^3/\text{h}$ 이고, “약” 조건인 경우  $51.6\text{ m}^3/\text{h}$ 로 측정되었다. 실험 오차해석을 ANSI/ASHRAE 37[6]에 따라 수행 하였는데 공기측 풍량 측정의 오차는  $\pm 0.5\%$  이내로 나타났다.

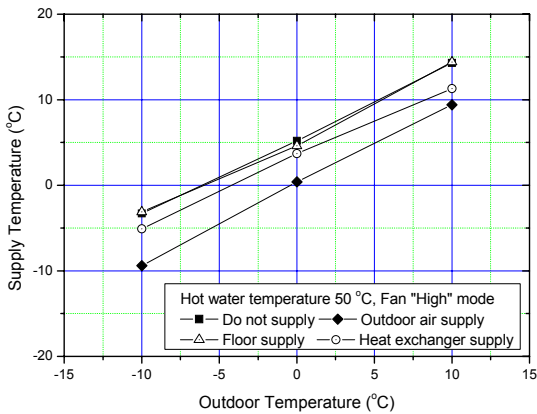
[Table 1] Tested Temperature and Relative Humidity condition

Outdoor temp./RH	Hot water temp.	Ventilation method
$10^{\circ}\text{C} / 50$	$50^{\circ}\text{C}$	1) Floor heating (do not ventilation)
$0^{\circ}\text{C} / -$		2) Floor heating + outdoor air ventilation(high, low mode)
$-10^{\circ}\text{C} / -$		3) Floor heating + floor ventilation(high, low mode)
$10^{\circ}\text{C} / 50$	$60^{\circ}\text{C}$	4) Floor heating + total heat exchanger ventilation(high, low mode)
$0^{\circ}\text{C} / -$		1) Floor heating (do not ventilation)
$-10^{\circ}\text{C} / -$		2) Floor heating + outdoor air ventilation(high, low mode)
		3) Floor heating + floor ventilation(high, low mode)
		4) Floor heating + total heat exchanger ventilation(high, low mode)

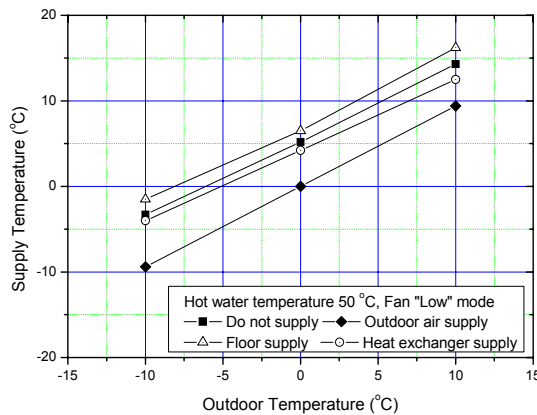
### 3. 실험 결과

Fig. 3 ~ 6에는 온수 온도를 기준으로 각 시험 조건별 성능시험 결과를 그래프로 나타내었다. Fig. 3은 온수 공급온도가  $50^{\circ}\text{C}$ 이고 팬 송풍은 “강”모드로 설정되었다. 외기온도 조건은  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ 를 일정하게 유지 하였다. 이 그래프를 보면 아무런 열교환이 없는 외부 강제급기의 경우 실내로 유입되는 온도는 외부 온도와 거의 일치

함을 볼 수 있었다. 바닥급기를 한 경우 실내외로 공기 유출입이 없는 경우와 비슷한 유입공기 온도를 보였으며, 전열교환기를 통과 하여 실내로 공기가 유입된 경우는 그보다 낮은 결과 값을 보였다. Fig. 4은 온수 공급온도는 50℃이고 팬 송풍은 “약”모드로 설정되었다. 시험결과를 보면 외부 강제급기인 경우는 “강” 모드와 비슷한 결과를 나타내었다. 바닥급기를 한 결과를 보면 환기를 하지 않았을 때보다 조금 높은 급기온도를 보였다. 이는 공기가 바닥유로를 천천히 지나면서 바닥에서 많은 열을 흡수하여 급기된 것으로 판단된다. 전열교환 환기의 경우도 “강” 모드에 비하여 보다 높은 온도로 급기 되었다.



[Fig. 3] Outdoor and supply air temperature(50℃, high)

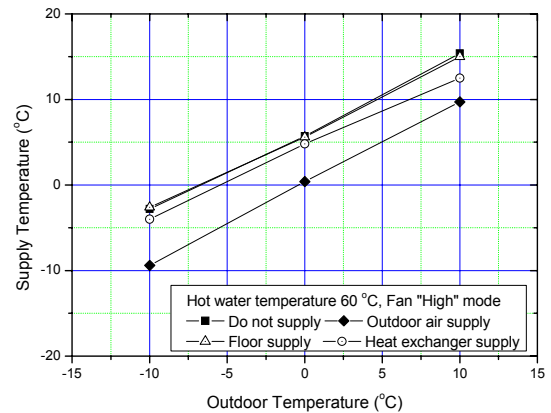


[Fig. 4] Outdoor and supply air temperature(50℃, low)

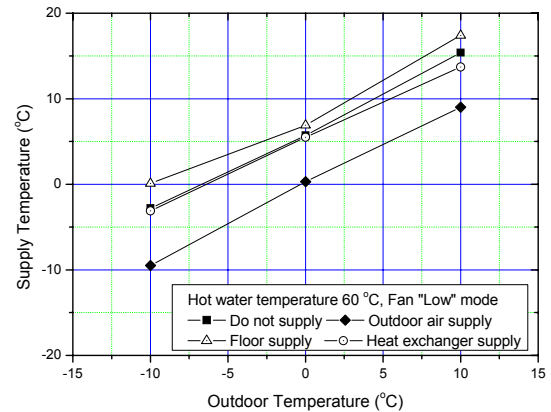
Fig. 5는 온수 공급온도는 60℃이고 팬 송풍은 “강”모드로 설정되었다. 시험결과를 보면 외부 강제 급기의 경

우를 제외하면 온수 공급온도 50℃과 비슷한 경향을 보이는데 공기 급기온도는 약간씩 상향된 결과를 보였다. Fig. 6은 온수 공급온도는 60℃이고 팬 송풍은 “약”모드로 설정되었다. 50℃온수 공급조건과 비슷하게 바닥급기의 온도가 아무것도 급기 하지 않았을 때 보다 높은 결과 값을 나타내었다. 전열교환 환기의 경우도 “약” 모드가 “강” 모드보다 높은 급기온도를 나타내었다.

시험결과를 보면 실내공기를 급기/배기 했을 때 바닥 환기 방식의 급기 온도가 제일 높았으며, 전열교환 환기 방식이 그 다음으로 나타났다. 외부공기를 그대로 유입한 경우 온수 공급온도에 따라 작은 영향이 있었으나 실내 온도가 외부 공기 온도와 같은 것으로 측정되었다. 이 경우 실내의 난방열을 모두 환기로서 잃어버리는 결과를 가져오게 되어 많은 에너지 손실이 발생하게 된다.



[Fig. 5] Outdoor and supply air temperature(60℃, high)



[Fig. 6] Outdoor and supply air temperature(60℃, low)

바닥환기 방식의 경우 외부의 차가운 공기를 온수 보일러에 공급되는 열량을 이용함으로써 실내 급기공기 온도를 높이는 방식으로 겨울철 주 난방을 온돌로 하는 우리나라의 실정에 잘 맞을 것으로 판단된다. 전열교환기를 이용하여 실내로 급기 하는 환기장치의 경우 전열소자의 열교환 효율에 따라서 급기 공기온도가 달라지겠지만 외부로 버리는 열량을 상당부분 재활용 할 수 있다는 장점이 있다. 향후 과제로는 측정된 온수 입/출구 온도 측정값과 에너지 사용량과의 관계를 비교 분석하여 보다 효율적인 하이브리드타입(바닥환기+전열교환기)의 환기 방식으로 검토할 예정이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 항온항습을 유지하는 챔버에 겨울철 외기 조건을 설정하여 온수 공급온도와 환기 방식에 따른 성능 시험을 수행 하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 실내로 공급되는 공기 온도는 공급되는 온수 온도가 높을 수록 급기 풍량이 적을수록 높았으며, 바닥 급기/배기 > 전열교환 급기/배기 > 강제 급기/배기 순으로 나타났다.
- 2) 바닥 급기/배기 시스템과 전열교환기 급기/배기 시스템의 경우 환기량을 고려한 충분한 예열 공간이나 열교환 면적을 확보 한다면 공동주택의 열환경 쾌적성을 충분히 확보 할 수 있을 것으로 판단된다.
- 3) 온돌을 활용한 바닥환기 시스템과 전열교환 환기 방식이 융합하면 한국형 하이브리드타입의 환기시스템을 구성 할 수 있을 것으로 판단된다.

#### References

[1] Korea Air Cleaning Association, "Indoor environmental professional development training materials", pp 3-9, 2005.  
 [2] Ministry of Environment, "Installation of ventilation equipment, such as a multi-use facility setting research standards", pp 203-204.  
 [3] H. J. Chang, S. S. Kim, "An Experimental Study on the Supply Air Temperature of the Embedded into the Ondol

Type Ventilation System in Winter Season", Proceedings of the SAREK 2004 Summer Annual Conference, pp. 213-218, 2004.

- [4] J. G. Shin, Y. M. Kim, J. Y. Sohn, "The Influence of Ventilation through Duct in Cavity Space of the Raised-Floor Ondol System on Indoor Thermal Environment", Proceedings of the KIAEBS 2008 Autumn Annual Conference, pp. 102-105, 2008.  
 [5] O. Kim, J. C. Park, N. G. Kim, J. K. Oh, "The Changes of Temperature for Embedded Duct Ventilation System in Ondol", Proceedings of the SAREK 2006 Summer Annual Conference, pp. 375-380, 2006.  
 [6] ANSI/ASHRAE Standard 37, 2005, "Standard measurement guide, engineering analysis of experimental data", ASHRAE.

#### 전 성 택(Sung-Taek Jeon)

[정회원]



- 1981년 2월 : 숭실대학교 공과대학 원 기계공학 (공학석사)
- 1996년 2월 : 인천대학교 인천대학 원 기계공학 (공학박사)
- 1980년 3월 ~ 2010년 2월 : 인천전문대학 교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 기계시스템공학부 메카트로닉스전공 교수

<관심분야>  
기계공학, 열.유체 분야

#### 조 진 표(Jin-Pyo Cho)

[종신회원]



- 1998년 2월 : 인천대학교 인천대학 원 기계공학 (공학석사)
- 2005년 2월 : 인천대학교 인천대학 원 기계공학 (공학박사)
- 1998년 2월 ~ 2000년 8월 : 대우전자 주임연구원
- 2000년 9월 ~ 현재 : 인천대학교 기계전자RIC 팀장

<관심분야>  
기계공학, 공기조화 및 냉동