

## 공동주택의 한국형 온돌시스템 적용에 관한 연구

안민희<sup>†</sup>, 최창호, 유기형\*, 조동우\*  
광운대학교 건축공학과, \*한국건설기술연구원 건축·도시연구부

### A Study on the Korean Ondol-System Application in Apartment Houses

Min-Hee Ahn<sup>†</sup>, Chang-Ho Choi, Ki-Hyung Yu\*, Dong-Woo Cho\*

**ABSTRACT:** The traditional Korean Ondol System that is a radiant floor heating system was made as warm floor and cool indoor temperature. Nowadays, Ondol is developed as the hydronic floor heating system. But unbalance of floor temperature and indoor temperature is occurred because strengthen thermal insulation and airtightness in building changes thermal performance. To solve these problems, we examine actual indoor environment of heating system methods in existing apartments and present the new method of floor heating system. The existing heating system made definite indoor temperatures but floor temperatures that is 22°C-26°C was maintained. To solve these problems, we adopted the differential heating system which made warm area and cool area. A differential heating system was made different pitches of heating pipe in single zone and ratio of warm area to cool area is 1 to 2. As a result of experiments, warm area temperature is 40.7°C, cool area temperature is 36.1°C. A difference of temperature between both area is 4K. A distribution of indoor vertical temperature is similar to both warm area and cool area.

**Key words:** Ondol(온돌), Floor heating system(바닥난방시스템), Differential heating system (아랫목/윗목시스템), Warm area(아랫목), Cool area(윗목), Indoor temperature(실내온도), Floor surface temperature(바닥표면온도)

#### 1. 서론

우리나라에서 전통의 온돌은 전형적인 복사난방 방식으로 구들 아래로 더운 공기를 넣어 난방하는 재래식온돌을 뜻하며 “따뜻한 바닥과 적절한 실온”을 형성할 수 있는 쾌적한 난방방식으로 인식되어 왔으나, 주거양식 및 열원시스템의 변화에 따른 여러 단계의 시대적인 변천을 거쳐 근래에는 온돌의 열효율을 향상시키고 난방방식을 현대화한 것으로 온수배관을 바닥에 매설하는 온수식 바닥난방방식이 일반적인 형태로 정착되었

다.

현행 바닥난방방식은 바닥구조체의 단열 및 수평시공을 완료한 후 그 상단에 온수배관을 모르타르층에 매설하고 마감하는 형태로 대부분의 공동주택에 적용되었으나 건물의 단열강화와 기밀화에 따른 열성능의 변화로 바닥온도와 실온의 불균형이 이루어졌다. 또한 국내 신도시 및 대규모 택지개발지구의 공동주택에 적용되고 있는 연속운전에 의한 바닥난방방식은 외국에서 도입된 시스템으로 국내에서는 이러한 제어방법에 대한 이해와 적용성에 대한 검토 없이 외국의 제어방법을 그대로 적용하여<sup>(1)</sup> 따뜻한 바닥온도와 적절한 실온을 선호하는 한국인의 온열감에 불합리한 열환경을 조성하게 되었다.

<sup>†</sup>Corresponding author

Tel.: +82-31-9100-285; fax: +82-31-9100-361  
E-mail address: issagal@hanmail.net

Table 1 Measurement location according to each heating method.

Heating method	Measurement location
Individual heating	Ilsan, Goyang
Central heating	Seoul
District heating	Ilsan, Goyang

Table 2 Measurement items & points

Section	Measurement items	Measurement points
Indoor	Floor surface temperature	above Pipe 1 middle Pitch 1
	Indoor temperature	Bed room 1
	Wall temperature	Inner wall 1 outer wall 1
Others	Return water temperature	Return Pipe 1
	Supply water temperature	Supply pipe 1
	Outdoor temperature	Building side 1

이러한 문제는 바닥난방방식 자체의 문제라기 보다는 건물의 열성능 변화에 따른 난방기법의 개선이나 적정 운전기법 등의 채택이 이루어지지 않기 때문인 것으로 판단되며, 주로 방열배관방식의 개선 및 제어방식의 개발 등에 의하여 해결 가능할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 각 난방방식별 실태를 살펴보고, 한국 난방문화를 고려한 온돌난방시스템 실험을 통해 새로운 바닥난방시스템을 제시하고, 기존 난방시스템과 결부된 현안 문제점에 대한 대안을 제시하고자 한다.

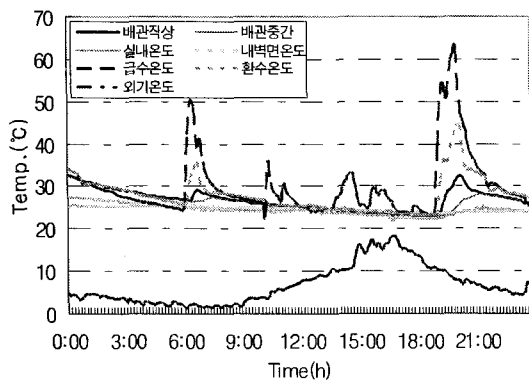


Fig. 1 Temperature of measured points of individual heating.

## 2. 난방방식별 측정

기존의 난방방식별 실내 온열 환경 및 난방시스템의 문제점을 알아보기 위해 개별난방, 중앙난방, 지역난방방식의 아파트 한 세대씩 선정하여 침실의 실내온도, 배관직상 바닥표면온도, 배관중간 바닥표면온도, 실내벽체온도와 온수분배기에서의 온수급수온도, 환수온도를 측정하였다. 측정 대상 지역은 개별난방과 지역난방의 경우는 일산, 중앙난방은 서울이고, 측정기간은 3월 한달간 측정하였다. 측정대상별 측정점 및 측정기간을 Table 1과 Table 2에 정리하였다.

### 2.1 개별난방방식

Fig. 1은 개별난방을 시행하는 세대의 실내온도, 바닥표면온도, 온수공급온도 등을 나타낸다. 그림에 나타난 바와 같이 세대의 실내온도는 평균 24.5°C를 보이고 있으며, 최대 27.6°C, 최소 22.1°C로 나타났고, 이때 온도변화의 표준편차는 1.34K로 나타나 비교적 안정적인 실온이 이루어지는 것으로 나타났다.

바닥표면온도는 배관위쪽이 평균 26.8°C, 배관중간이 평균 26.4°C로 1K의 차가 나며, 난방시 각각의 온도가 최대 40°C와 35.3°C로 5K의 온도차가 나며, 표준편차가 2.57K와 2.35K로 나타났으며, 최대 10K의 온도차를 보여 온도변화 폭이 큰 것으로 나타났다. 비난방시 바닥온도는 22°C 정도로 낮은 바닥온도를 나타내고 있다.

실내벽체온도는 평균 24.6°C로 실내온도와 거

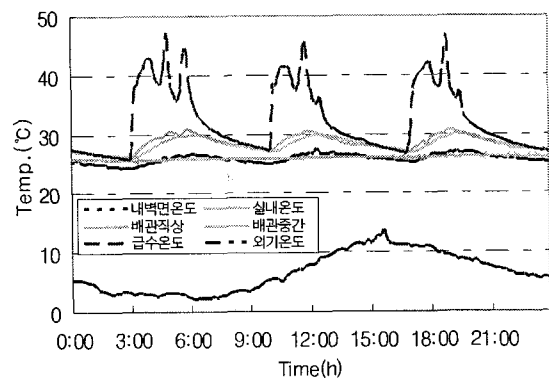


Fig. 2 Temperature of each a measured points of central heating.

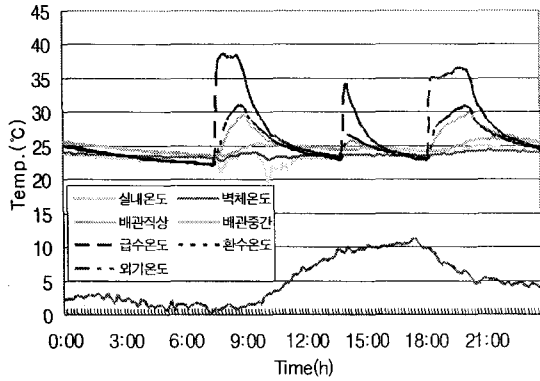


Fig. 3 Temperature of each a measured points of district heating.

의 비슷하나 표준편차가 0.7K로 온도변동이 더 적은 것으로 나타났다. 온수공급온도는 29.7°C-69°C까지로 큰 온도변화를 보이며 가변적으로 온수 온도가 변화였다.

## 2.2 중앙난방방식

Fig. 2는 중앙난방을 하는 세대의 온도변화를 나타낸다. 이 세대의 경우 평균 실내온도는 25.9°C로 나타났으며, 온도변화에 따른 표준편차가 0.18K로 변동폭은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

바닥표면온도의 경우 배관위쪽과 배관중간의 평균온도가 각각 28.4°C와 28.2°C로 거의 동일하며, 표준편차 또한 1.3K와 1.1K로 큰 변동이 없는 것으로 나타났다. 비난방시 바닥온도는 최저 26°C로 나타났다. 이 세대에서는 배관직상과, 배관중간의 바닥표면온도가 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

실내벽체온도는 평균 25.8°C로 실내온도와 거의 동일하였다. 온수급수온도는 36.2°C-47.3°C로 일일 3회, 1회에 2시간 30분 정도로 온수가 공급되는 것으로 나타났다.

## 2.3 지역난방방식

Fig. 3은 지역난방을 하는 세대의 온도변화를 나타낸다. 평균 실내온도는 24.45°C를 보이고, 온도변화에 따른 표준편차가 0.86K로 비교적 안정된 온도변화를 나타내었다.

바닥표면온도는 배관위쪽의 평균온도가 25.6°C, 배관중간의 평균온도는 24.8°C로 0.6K의 온도차로 큰 차이는 없지만, 난방시 각각 29.8°C와 26.2°C로 3K의 온도차를 나타낸다. 비난방시에는 각각 23.6°C와 23°C로 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 온도변화에 따른 표준편차는 배관직상이 1.58K, 배관중간이 0.67K로 큰 변동은 없는 것으로 나타났다.

실내벽체온도는 평균 23.7°C로 실내온도와 거의 동일한 온도로 변동 또한 거의 동일한 온도를 보인다. 온수급수온도는 32.9°C-42°C로 일일 중가변적인 온도변화를 보인다.

## 2.4 각 난방방식별 비교 분석

모든 난방방식에서 실내온도가 23°C를 초과해서 높게 나타내고 있으며, 난방방식과 무관하게 실내온도는 전반적으로 일정하게 유지되는 것으로 나타났다.

온수급수온도는 개별난방, 중앙난방, 지역난방 순으로 급수온도가 높았으며, 공급주기는 중앙난방의 경우는 일일 3회로 주기적인 반면에 지역난방과 개별난방의 경우는 가변적인 변화를 보였다.

급수온수에 따른 바닥표면온도의 변동 크기는 개별난방, 지역난방, 중앙난방 순으로 나타났다. 바닥표면온도는 난방방식과는 상관없이 배관직상과 배관중간의 온도차가 그리 크지 않은 것으로 보이며, 실내벽체온도는 실내온도와 온도차가 3K 내외로 실내온도와 거의 동일한 것으로 나타났다.

여기서 실내온도 제어방식을 사용하여 실내온도는 일정하게 유지되고 있지만, 바닥표면온도가 비난방시에 22°C-26°C를 유지하고 있어 현재 대부분의 좌식생활을 하는 한국인이 선호하는 바닥온도 33°C<sup>(3)</sup>보다 5K이상 낮아 거주자가 바닥온도를 차갑게 느낄 수 있다.

## 3. 한국형 온돌난방시스템 실험

본 연구에서는 한국 난방문화가 고려된 온돌난방시스템으로 아랫목/윗목 형성하여 따뜻한 바닥과 적절한 실온이 유지 가능한<sup>(3)</sup> 아랫목/윗목시스템을 채택하였고 실험은 배관간격, 배관망에

Table 3 Measurement items & points

Section	Measurement items		Measurement points
Laboratory	Floor inside temperature	Pipe above	Warm area 1 Cool area 2
		Pitch middle	Warm area 1 Cool area 2
	Floor surface temperature	Above pipe	Warm area 1 Cool area 2
		Middle pitch	Warm area 1 Cool area 2
	Wall temperature		Wall center 1
	Indoor vertical temperature		Warm area 9 Cool area 9
	Globe temperature		Warm area 1 Cool area 1
Others	Return water temperature		Return Pipe 1
	Supply water temperature		Supply pipe 1
	Outdoor temperature		Building outside 1

의한 방식으로 한국건설기술연구원 내 주거성능 실험동에서 실물실험을 실시하였다.

### 3.1 실험장치 및 실험방법

본 실험에서는 환수온도 제어를 하는 개별 가스보일러를 설치하였고 아랫목과 윗목의 면적은 1:2의 비율로 구성하였다. 온수 배관은 Fig. 4와 같이 단일 배관으로 아랫목은 배관간격 150mm의 방사형 배관을 하였고, 윗목은 배관간격 300mm의 직렬형 배관을 설치하여 아랫목과 윗목을 형성하였다.

실험은 단일배관에 의한 아랫목과 윗목의 형성으로 인한 실내 열환경에 대한 난방성능을 알아보기 위한 것으로 배관과 바닥표면온도, 실온, 그리고 흑구온도와 수직온도 등의 열환경 요소를

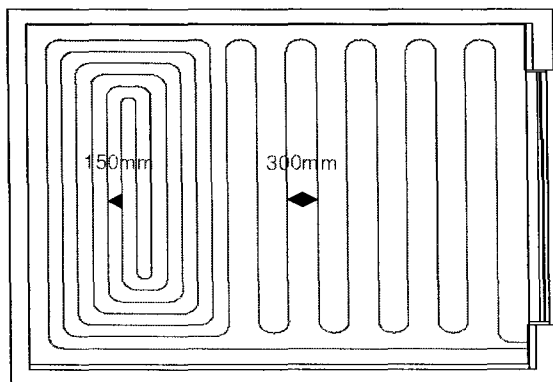


Fig. 4 Pipe layout of differential heating system

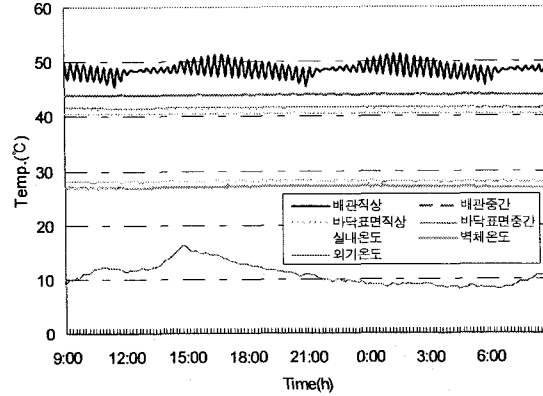


Fig. 5 Temperature of each measurement point on warm area

측정하였으며, 실험실의 측정항목 및 측정점은 Table 3과 같다.

온도의 측정은 T-type의 Thermocouple (0.3mm)을 각 측정부위에 부착하고, 흑구온도는 Glove thermometer에 Thermocouple을 연결하여 데이터로거를 이용하여 연결하여 10분 간격으로 측정하였다.

실험은 환수온도 55°C로 설정하여 2일을 측정하였으며, 수직온도는 아랫목과 윗목 각각 하루씩 측정하였다.

### 3.2 실험 결과 및 고찰

실험에서 평균 급수온도는 50°C, 환수온도는 45°C로 나타났다. 아랫목의 평균온도는 40.7°C,

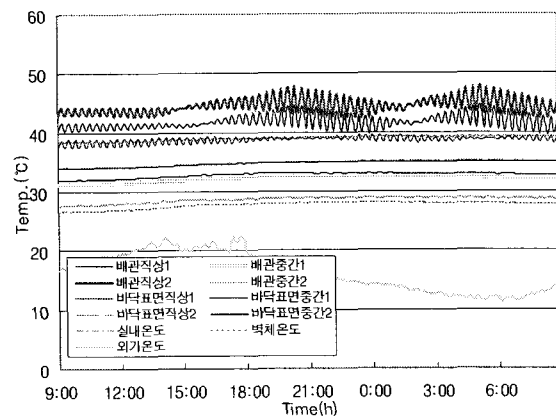


Fig. 6 Temperature of each measurement point on cool area

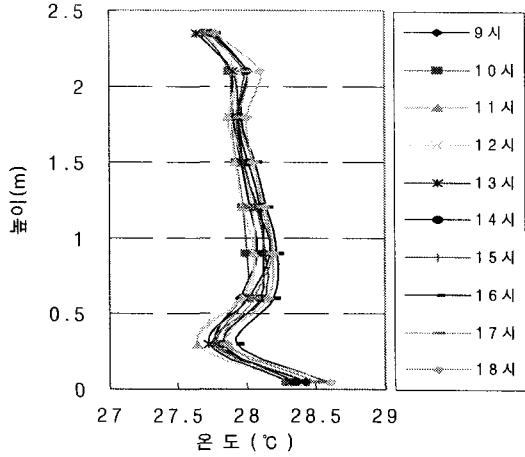


Fig. 7 Vertical temperature on warm area

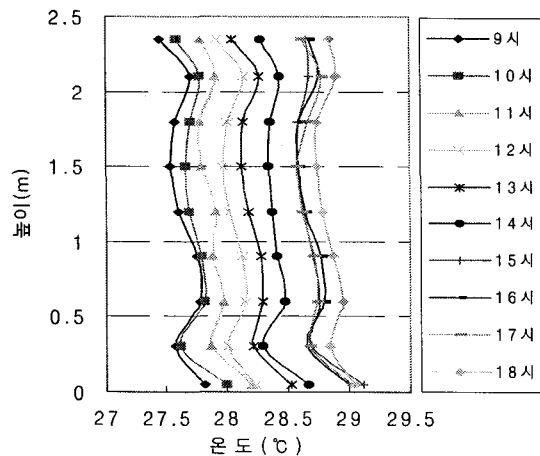


Fig. 8 Vertical temperature on cool area

윗목의 평균온도는 36.1°C로 아랫목/윗목 실내 환경이 형성되는 것으로 나타났다.

Fig. 5와 같이 아랫목의 배관직상은 평균 48.5°C로 최대 6K의 온도차를 보이며 변동하며 배관중간은 평균 43.9°C로 온도변화가 거의 없었다. 바닥표면의 배관 위쪽은 평균 40°C, 중간은 41°C로 나타났다. 배관직상과 중간은 5K정도의 온도차를 보이나, 바닥표면의 배관 위쪽과 중간의 온도차는 1K로 안정적으로 아랫목을 형성하였다.

반면 윗목에서는 Fig. 6에서와 같이 배관직상은 각각 평균 44.4°C와 41.6°C로 나타났고, 배관중간은 34.8°C와 32.2°C로 나타났다. 바닥표면온도는 배관 위쪽이 38.8°C와 39.1°C로 나타났고,

Table 4 Temperature of measurement points (°C)

Section	Measurement point		Average temp.	Max. temp.	Min. temp.	Standard deviation
Warm area	Floor temp.	above	40.5	40.5	40.4	0.05
		middle	41.5	41.7	41.4	0.07
	Pipe temp.	above	48.5	51.5	45.4	1.48
		middle	43.9	44.1	44.8	0.05
Cool area	Floor temp.	above1	38.8	39.1	37.6	0.47
		above2	39.0	39.3	38.8	0.14
		middle1	32.8	32.5	31.9	0.13
	Pipe temp.	middle2	34.8	34.9	34.6	0.08
		above1	41.6	44.4	39.3	1.39
		above2	44.6	47.6	42.1	1.59
Others	middle1	31.8	32.1	31.5	0.13	
	middle2	34.8	34.9	34.6	0.08	
	Return temp.	44.9	49.5	40.1	3.05	
	Supply temp.	50.3	58.9	42.6	4.28	
	Indoor temp.	28.0	28.2	27.7	0.10	
Wall temp.	27.0	27.2	26.8	0.12		

중간은 32.8°C와 34.8°C로 나타났다. 배관직상과 배관중간의 온도차가 약 10K, 바닥표면의 배관 위쪽과 중간의 온도차가 5K정도로 나타났다. 이 표면의 온도차는 온도마루 등 마감재의 표면에서 완화될 수 있다.

실내온도는 아랫목이 평균 28°C, 윗목이 평균 28.6°C로 0.6K로 온도차가 미미하고 거의 동일한 것으로 나타났다.

실험에서 다소 높은 실온과 바닥표면온도를 보이는 것은 실험기간동안 높은 외기온도와 높은 환수온도의 설정으로 인한 것이다.

Fig. 7과 Fig. 8과 같이 아랫목과 윗목의 실내 수직온도는 전형적인 복사난방의 온도분포를 보이고 있다. 천정부위에서 다소 온도가 낮은 것은 실험실 위층에 난방이 되지 않기 때문이다. 특히 아랫목과 윗목의 온도가 서로 차이가 있음에도 실내 수직온도 분포는 전반적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 윗목의 수직온도가 시간이 지남에 따라 1.2K 정도의 온도차가 나는데 이것은 일사의 영향으로 판단된다. 각 측정점의 평균, 최대, 최소 온도 및 표준편차를 다음 Table 4에 나타내었다.

#### 4. 결론

공동주택에 한국형 온돌시스템을 적용하기 위해 난방방식별 측정을 통해 기존 난방방식의 문제점을 알아보았으며 한국건설기술연구원 주거실

협동에 단일배관으로 배관간격 및 배관망에 의한 방식으로 아랫목/윗목을 1:2의 비율로 형성하였고, 난방은 환수온도를 제어하였다.

아랫목과 윗목의 실내 환경을 알아보기 위해 각각 하루씩 실내수직온도를 측정하였고, 아랫목과 윗목의 형성을 알아보기 위하여 바닥표면 및 배관의 온도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 기존 난방방식은 23℃이상의 실내온도를 나타내고 있으며, 실내온도 제어를 통해 일정한 실내온도를 유지하고 있다. 하지만 바닥온도는 난방시는 30℃까지 올라가지만 비난방시 22℃-26℃로 낮게 유지되고 있어 좌식생활을 하는 한국인에게 차가운 바닥온도를 나타내고 있다.

(2) 아랫목/윗목실험에서 바닥표면온도는 아랫목 평균 40.7℃, 윗목 평균 36.1℃로 약 4.6K의 온도차를 나타내며, 실내온도도 아랫목/윗목 평균 28℃로 단일배관으로 배관간격 및 배관망에 의한 방식을 통한 아랫목/윗목이 형성됨을 알 수 있다. 하지만 아랫목의 경우는 배관 위쪽과 중간의 온도차가 미미하나, 윗목의 경우는 5K의 온도차가 있어 거주자에게 다소 불쾌감을 줄 수 있어 마감재의 소재 등을 이용하여 바닥표면온도차를 완화할 수 있는 방안이 필요하다.

(3) 아랫목과 윗목의 수직온도는 일반적인 복

사난방의 분포를 보이고 있으며, 아랫목과 윗목의 온도차가 있음에도 실내 수직온도 분포는 전반적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

(4) 이 실험을 통하여 단일배관으로 아랫목/윗목을 형성할 수 있었으며, 이를 보다 효율적으로 활용하기 위해 난방조닝이나 바닥온도제어, 유량제어 등 새로운 제어 및 운전방식이 필요하며, 현재 이에 대한 후속연구가 진행되고 있다.

## 참고문헌

1. Yeo, M. S. and Kim, K. W., 1999, A study of the control methods of hydronic radiant floor heating system in apartment buildings, AIK, Planning & design, Vol. 15, No. 3, pp. 119-126.
2. Cho, D. W. and Kang, J. S., 1996, Thermal performance improvement of floor heating system in apartment houses, Report of KICT, KICT 96-091.
3. Kim, S. W. et al., 1998, The study of practical use and development of floor heating system in apartment houses, Report of R&D, R&D 96-0128