

# 온수온돌 난방시 바닥면의 중성온도 설정에 관한 연구

## Establishment of Optimum Floor Surface Temperature Floor in Ondol Heating System

공 성 훈<sup>1)</sup>

Kong, Sung-Hoon

조 수<sup>2)</sup>

Cho, Soo

---

### ABSTRACT

This study presents a real neutral floor surface temperature in floor panel heating system(Ondol).The Ondol heating system can keep the constant temperature. However, the actual temperature when a person sits on a floor can be different from the surface temperature of a floor it self. The contents of this study are as follows :1)measuring the spatial distributions of thermal conditions 2)the thermal sensation vote of residents is taken in order to investigate the relation between thermal condition and human thermal sensation in sedentary condition 3)estimating the neutral floor surface temperatures by measuring floor surface temperatures.

---

### 1. 연구 목적

우리나라 사람은 온돌의 축열식 난방방식에서, 오랫동안 좌식생활 방식으로 거주해 왔다. 이와 같은 거주방식에서는 방바닥 온도가 온열감에 미치는 영향이 있는 것으로 생각된다. 그리고 이때까지의 기존 연구결과를 살펴보면, 실내온도와 바닥온도를 결부시켜 적정 바닥표면온도를 설정했고, 인체와 접

촉된 바닥표면온도와 인체로부터 노출된 바닥표면 온도(이하 비접촉 바닥표면 온도라 칭함)를 관련시켜 제시한 연구결과는 미흡한 편이다.

본 연구에서는 일정온도 조건하에서 30분 경과 후, 비접촉 바닥표면온도 및 인체접촉 바닥온도를 구분하여, 온열쾌적감과의 관계에 대하여 검토, 분석하고 온돌바닥에 대한 온열중성점 온도를 제시하고자 한다.

### 2. 연구 방법

---

1) 계명대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사  
2) 한국에너지기술연구소 선임연구원, 공학박사

본 연구에서는 온돌 바닥온도에 대한 온열적 중

성점을 도출하기 위하여 물리적인 요소 (건구온도, 바닥온도, 글로브온도, 상대습도, 기류속도)에 대한 측정과 병행하여, 응답자의 주관적 온열감각에 대한 설문 조사도 실시하였다.

응답자의 선정조건은 감기 등을 포함한 최근에 병력이 없는, 신체가 건강하고 추위와 더위에 민감하지 않는 일반체질의 사람으로 선정하였으며, 온열감에 대한 주요 조사항목은 응답자의 일반사항(성별, 나이, 체중, 건강조건, 실내외의 출입상태, 작업량) 및 전신온열감, 착의상태에 관한 것이다.

물리적 요소에 대한 측정결과는 Data Logger (John Fluke 2240 C)에 자동으로 입력 되어 분석 되었으며, 전신 온열감과 환경 요소간의 분포 및 상관관계는 SPSS(Statistical Package for the Social Science : 사회과학 통계 패키지 프로그램)를 이용하였다.

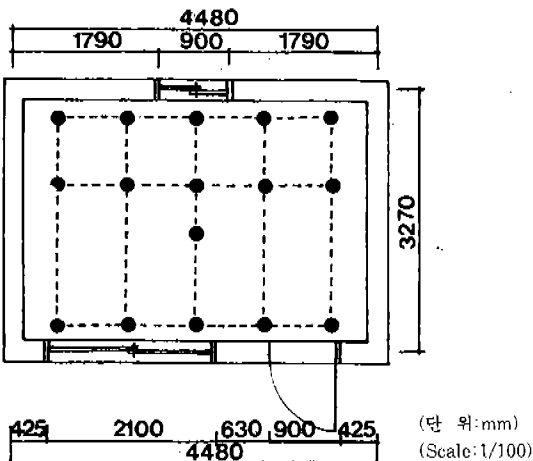
(1) 측정 대상건물

측정 대상건물은 한국에너지기술연구소내에 위치한 실험주택으로 측정대상 건물의 크기는 4.5 × 3.3 × 3.0 m(4.5평)이고 벽체와 지붕은 스티로폼 100 mm를 사용한 샌드위치 패널(열관류율, k=0.26kcal/m<sup>2</sup>h℃)로 하였다.

난방방식은 연속난방 방식이며 [그림-1]은 실험주택의 평면도이다.

바닥온도는 파이프 배관의 직상부와 배관과 배관사이의 점을 16점 선정하여 측정하였으며, 글로브온도는 응답자가 방바닥에 착석한 경우 안면 부위의 높이인 80 cm로 설정하였다.

측정 기간은 1991.11.10. -11.30. (20일간)이다.



[그림-1] 실험주택 평면도 (●) 바닥온도 측정점

(2) 온열환경요소의 제어 및 측정

<표-1>은 본 연구에서 실시한 측정요소 및 방법을 나타낸다. 측정요소는 기온, 글로브온도, 기류속도, 바닥면온도이며 측정 결과는 데이터 로그(Data Logger)와 제어용 컴퓨터에 자동기록되었다. 실내온도는 실내온도 감지센서를 이용하여 설정온도와 비교에 의해 에어컨 릴레이(Relay)의 온-오프(ON-OFF)에 의해 실내 건구온도 18 -24℃와 바닥온도 22-36℃의 범위를 중심으로 피이드 백(Feed-back)제어를 했다.

온수는 온수공급 탱크로 부터 온수순환 펌프에 의해 공급되며 온수 공급탱크의 열원으로는 가스보일러(15,000kcal/h)와 전열 히터(AC 220V × 1.5kw × 8 ea)를 사용하였다. 그리고 탱크 높이에 따른 온도차를 최소화 하기 위해 전열 히터를 온수 탱크 하부에 방사형으로 설치하였다.

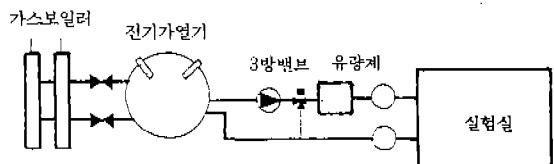
[그림-2]는 실내 및 바닥 온도의 제어를 위한 시스템 이고 [그림-3]은 바닥 표면온도의 측정위치이다.

(3) 응답자의 조건 및 실험계획

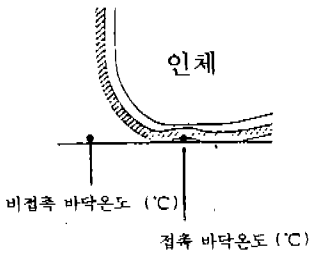
응답자는 건강상태가 양호한 20세 - 40세 사이의 남자 60명이며 응답자는 30분 정도 방바닥착석

<표-1> 측정요소 및 방법

측정요소	기호 및 단위	측정기기	측정점 위치
실내온도	T <sub>a</sub> , ℃	C-C 열전대(0.3mm) Data Logger Controller (DDF-110-R/r)	Line A(13 점) Line B(10 점) Line C(10 점) Line D( 9 점)
글로브온도	T <sub>g</sub> , ℃	Globe 온도계 C-C 열전대(0.3mm)	80cm 높이에 대해서 1 점
바닥표면온도	T <sub>r</sub> , ℃	C-C 열전대 ( 0.3mm)	배관직상부분과 코일과 배관사이의 16 점
기류속도	V, m/sec	Anemomaster (Kanomax24-6111)	실중량의 80cm높이에 대해서 1 점
상대습도	φ, %	DIGITAL HYGROMETER (PACER DH100)	실중량의 80cm높이에 대해서 1 점



[그림-2] 온도제어 시스템



[그림-3] 바닥표면온도의 측정위치



- (1) 설문지응답에 대한 사전교육 실시
- (2) 응답자의 건강상태 조사
- (3) 응답자의 의복량 조사
- (4) 응답자의 온열감 조사
- (5) 온열환경의 측정

[그림-4] 실험 절차

상태로 책을 보거나 라디오를 듣고 있다가 설문조사에 응답했으며(대사량 1메트: Met). 사전에 설문지 작성 교육을 받았다.

응답자는 시간 약속에 의해 실험에 임했으며, 실험주택 응답자에게 대해서는 실내에서 일어날수 있는 모든 요소들을 가능한 한 최대한 고려하기 위하여 평상시 실내에서 행동하는 상황과 거의 동일한 자연스러운 상황하에서 방바닥 착석상태로 설문지 응답을 하도록 하였다. 입실 30분 정도 경과 후 응답자 1인에 대해 1회 만 온열감에 대한 설문조사를 하였으며, 응답자의 설문지 작성과 동시에 응답자 주위의 온열환경요소를 측정하였다.

평균착의량은 0.9 clo.이고 의복의 열저항치는 ASHRAE 기준 55-1981에 기준을 두었다. 그리고 실내 온열환경에 대한 응답자의 주관적인 반응의 척도는 '생리 심리학적 응답척도'(Psycho-physical Voting Scale)의 7단계 척도( [+7] 대단히 덥다, [+6]덥다, [+5]약간 덥다, [+4]아무쭈름 아니다, [+3]약간 춥다, [+2]춥다, [+1] 대단히 춥다)를 이용 하였으며 실험의 전반적인 진행은 [그림-4]와 같은 순서로 이루어졌다.

<표-2> 응답자의 일반적 조건

성별/인원	남자 60명
연령	20-40세(평균 35.6세)
체중	58-72Kg(평균 67.3Kg)
신장	165-175 cm(평균 169.5cm)
체표면적	1.7-1.8m <sup>2</sup>
의복량	0.9 Clo.
작업량	방바닥 착석상태 (1Met.)
건강상태	양호한 상태

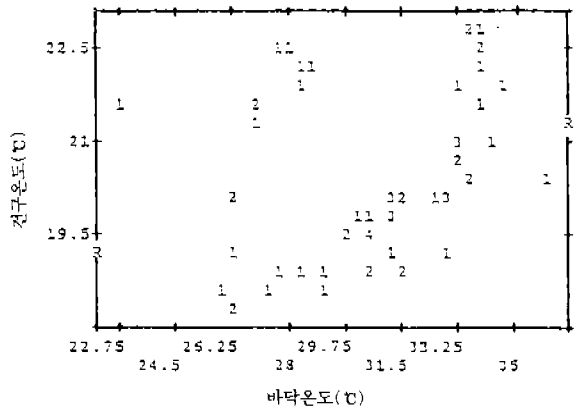
### 3. 측정결과 및 고찰

(1) 실내온열환경 조건 (건구온도, 글로브온도, 기류, 상대습도, 바닥온)의 분포

각 온열환경조건의 분포범위를 살펴보면 건구온도의 경우 18.2-23.8℃, 상대습도 50-60%, 글로브온도 19.6-23.3℃, 비접촉 바닥온도 22.8-36℃, 기류속도 0.6-0.7 m/s로 나타났다.

[그림-5]는 실내기온과 바닥온도를 중심으로한 환경제어 결과를 나타낸 것이다. 일반적인 온돌주택에서, 바닥온과 실내온의 상관도는 r=0.8-0.9 정도 인 것으로 나타나나, 본 실험에서는 r=0.3으로 나타난 것을 알 수 있다. 이것의 원인은 일반온돌주택에서는 바닥온도에 의해서만 실내온도가 주로 제어되지만, 본 연구에서는 바닥온도 이외에 실내공기류에 에어컨이 작동 되었기 때문이다. ([그림-5] 참조)

그리고 [그림-6]은 바닥접촉온도와 비접촉 바닥온도와와의 관계를 나타낸 것이다. 이때 상관도는 r=0.89로써 물리적 현상의 측정값으로써 매우 유의적인 것으로 나타났으며, 이 결과는 인체와 주위 환경과의 열교환량을 해석할때 실용성이 높을 것으로 생각된다



[그림-5] 실내기온과 바닥온도의 상관도



<표-3>기존의 연구결과

연구자	바닥온도(℃)	비고
김수영 <sup>6)</sup>	29-3	비접촉바닥온도
ASHRAE <sup>5)</sup>	18-2	비접촉바닥온도
윤형수 <sup>7)</sup>	27-31.4	접촉 바닥온도
윤용진 <sup>2)</sup>	30.6-38.8	접촉 바닥온도

본 연구의 실험결과, 비접촉 바닥표면 중성점 온도는 30℃로 김수영<sup>6)</sup>의 연구결과와 유사하고, 또한 접촉 바닥온도는 35℃로써 타 연구결과에 비해 비교적 높게 나타난 것을 알 수 있다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 비접촉 바닥표면온도 및 인체 접촉 바닥온도를 구분하여 온열쾌적감과의 관계에 대하여 검토, 분석하고, 온돌바닥에 대한 온열중성점 온도를 제시하였다. 주요 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 전신온열감에 대한 온열중성적 바닥접촉온도는 35℃이고, 비접촉 온열중성적 바닥온도는 30℃로 나타났으며, 기존 연구결과와 비교적 유사하게 나타났다.
- (2) 인체의 열평형방정식에서 인체에 대한 전도열교환량을 해석할 때는 바닥접촉온도의 값을 이용해야 하며, 인체와 복사열교환량을 계산할 때는 비접촉 바닥온도의 값을 각각 구분해서 사용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.
- (3) 방바닥 착석상태에서 비접촉 방바닥온도와 인체 접촉온도와의 상관도(r)는 0.89로써 상관도가 높게 나타났다.

앞으로의 연구과제로써는 Clo, 치나 피부온도 측정을 통한 생리적 반응 연구 및 인체와의 접촉면 바닥온도와 비접촉 바닥온도에 대한 에너지 절약적인 상하한치에 대한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

(1) 공성훈, 손장열, 이육경: 공동주택의 온열환

경 분포와 인체의 자세별 온열쾌적 조건에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 4권 3호, 1988 6.  
 (2) 윤용진, 공성훈, 손장열: 불균등 복사공간의 쾌적온도 범위설정 에 관한 연구, 공기조화, 냉동공학, 14권 3호, 1985. 9.  
 (3) 공성훈, 박상동, 서항석, 민정현: 간헐난방과 연속난방에 의한 아파트의 열특성에 관한 실험 연구, 대한건축학회논문집, 2권 6호, 1986, 12  
 (4) Sung-Hoon Kong, Sang-Dong Park, Jang-Yeul Sohn : Thermal Comfort Criteria for Korean People in Ondol Heating System, The 2nd World Congress on Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning (CLIMA2000), 1989.8.  
 (5) ASHRAE, ASHRAE Standard 55-1981, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 1981.  
 (6) 김수영, 착의량 및 국부온열감 변화에 따른 인체의 전신온열감 평가에 관한 연구(한양대학교 석사학위 논문), 1995.6.  
 (7) 윤형수, 저온 상면 복사난방의 좌식생활시 접촉에 의한 국부적 불만족 연구(영남대학교 박사학위 논문), 1992.7.

