

건식이중바닥온돌시스템 개발을 위한 실험적 연구

A Experimental Study for Developing of the Dry Double Floors Hydronic Ondol System

김난행*

Kim, Nan-Haeng

손장열**

Sohn, Jang-Yeul

Abstract

The aim of the research was to evaluate the characteristics of thermal environment and thermal comfort in the Dry Double floors Hydronic Ondol System. Physical indoor thermal environments (the floor surface temperature, the vertical temperature, etc.) and skin temperature have especially been measured. Physical features conditions, sensation, thermal comfort, humidity sensation, comfort of body were investigated for the survey. As a result, (1) During the operation of the boiler (12 hour), the average indoor temperature is appeared to be 21.6°C. The floor surface temperature showed peak value of 31.4~40.6°C after 8hours 30minutes after the start-point of the heating. The vertical difference of temperature was turned out to be not uniform. (2) While the skin temperature showed a narrow distribution of temperature in the Dry Double floors Hydronic Ondol system. (3) The response to thermal comfort which people felt was satisfactory, and most of them felt dry during the test.

Keywords : Dry-Floor Heating System, Dry Double floors Hydronic Ondol System, Thermal Comfort

주요어 : 건식온돌시스템, 건식이중바닥온돌시스템, 쾌적성

I. 서론

생활의 질적 향상과 함께 쾌적한 환경에 대한 요구가 높아져 온돌난방시스템에 대한 새로운 기술개발이 끊임 없이 요구되고 있다. 국내에 있는 주택은 대부분 습식온돌시스템이 적용되고 있는데, 공법이 복잡하고 공기가 길며 예열에 대한 축열낭비 등의 문제와 바닥슬래브 등의 구조체와 일체화됨으로써 아래층에 고체유를 전달하여 층간소음의 문제가 제기되고 있다. 이를 해결하기 위해 온돌의 건식공법에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 한편 현재 실내 설정온도를 인체의 생리적·심리적 평가를 고려한 감각에 맞추어 변동시키면서 쾌적감을 증대시킬 수 있는 알고리즘을 개발하는 연구 및 기존의 알고리즘에 비해 온열쾌적감 및 에너지절약을 증대시킬 수 있는 방안을 제시하는 등 인체의 열감각을 평가하는 연구(이주연 등, 2001)가 진행되고 있는 가운데, 건식온돌이 실제 시공된 실에서 피험자를 대상으로 한 열환경 및 쾌적성 평가는 미흡한 실정이다.

선행연구로 기존 습식온돌의 단점을 보완하는 방안으로 건식이중바닥온돌을 제안하고 이를 위한 기초연구단계로 물리적 열특성을 파악하는 실험을 수행하였으며, 본

연구는 현장 실험을 통한 검증과 문제점을 도출하여 쾌적한 실내 주거환경의 제공 여부를 판단하고자 한다.

II. 건식이중바닥온돌시스템

1. 건식온돌시스템의 관련기준 및 기술현황

건식온돌에 관련하여 1989년 한국산업규격-KS G 3703(조립식 온수온돌판)에서 건식온돌시스템에 대한 성능시험 방법과 시험기준이 제정되었고, 1994년과 2002년에 개정되어 현재 시행되고 있다. KS G 3703에서는 치수, 성능기준, 구조 및 품질, 재료, 시험방법 등을 규정하고 있으나, 건식온돌과 관련된 국내의 성능기준은 별도로 없고, 다양한 건식온돌시스템의 요구 성능을 만족시키지 못하고 있다. 이외에 2002년 대한주택공사의 '공동주택의 건식온돌시스템 성능기준(안) 작성 연구'를 통해 건식온돌시스템의 시험방법과 기준을 체계적으로 제시하고 있다.

1) 한국산업규격(KS G 3703)

한국산업규격(KS G 3703)은 1989년 당시 상용화된 조립식 온수온돌판을 인증대상으로 하여 제정되었는데, 현재의 규격도 15년 전의 제품과 기술수준을 반영한 규격이 그대로 적용되고 있는 실정이다. 현재 상용화가 이루어지고 있는 신기술·신공법으로 개발된 대부분의 조립식 온수온돌판은 품질을 규정하고 검증할 수 있는 기준이 마련되어 있지 않아 성능인정을 받는데 많은 문제점이

*정회원(주저자), 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정

**정회원, 한양대학교 건축공학부 교수, 공학박사

있는 것으로 조사되었다.

2) 대한주택공사 성능기준(안)

2002년 2월 제시된 대한주택공사의 ‘공동주택의 건식 온돌시스템 성능기준(안) 작성연구’에서는 공동주택의 온돌바닥에 적용할 건식온돌의 요구성능을 시험성적서 또는 관련 자료의 제출에 의한 확인이 필요한 주요성능(9개 항목), 반드시 확인을 요하지 않으나 확보되어야 하는 부가성능(11개 항목), 물리·화학적 특성에 관계없는 시공성 및 경제성 등의 간접성능(6개 항목)을 <표 1>과 같이 제안하고 있다.

표 1. 건식온돌시스템의 요구성능

구분	내용
주요성능	단열성, 바닥충격음, 평활성, 내충격성능, 국부압축성능, 표면온도분포, 가열변형특성, 방열특성, 포름알데히드
부가성능	설비소음, 수도손실, 비진동성, 발음성, 내박리부품성, 국부휨성능, 비흡수 흡습성, 내충해 균해성, 내열반복변형성, 유독가스 발생성, VOC
간접성능	시공성, 배선성 배관성, 유지관리성, 공사기간, 공사비

현재 국내 주택의 난방방식으로 사용되고 있는 온수순환식 온돌의 구성층은 최하부에 단열완충층을 설치하고, 그 상부에 경량기포콘크리트 등으로 채움층을 설치한 후 난방용 배관을 설치하고 모르타르로 마감한 후 장판, 또는 온돌마루로 표면마감을 하는 것이 보편적이다. 그러나 이러한 작업이 습식공법으로 시공됨에 따라 여러 가지 문제점으로 인하여 부품화, 건식화에 대한 요구가 지속적으로 제기되어 왔다.

건식온돌시스템 개발에 관한 연구는 1980년대에 접어들어 시작되었다고 할 수 있으며, 관련업계에서 각종 건식온돌시스템이 개발되어 왔으나, 대부분 기존 습식공법에 익숙한 사용자의 요구를 만족시켜주지 못하였을 뿐만 아니라, 경제성이 떨어져 실질적으로 실용화되지 못하였다. 국내 건식온돌 난방시스템의 개발 현황을 살펴보면, 주로 방열판을 이용한 축열성 확보와 저렴한 심야전기 및 신소재를 이용한 조립화에 대한 연구가 많은 반면, 온수를 이용한 건식온돌시스템의 개발은 미진한 실정이다.

일본의 경우 1973년도에 ‘상난방협회(床暖房協會)’가 결성되어 조립식·건식온돌에 대한 체계적인 기술개발과 보급확대를 도모하고 있으며, 온열쾌적감 및 설계의 표준화 측면과 조립식위주의 바닥난방방식 기준 등의 측면에서 연구를 수행하였다.

2. 건식이중바닥온돌시스템의 개념 및 연구현황

이중바닥이란 “주택용 바닥유닛”으로서 일반적으로 철근콘크리트 슬래브 등의 바닥구조체 위에 뜨게 하여 시공된 바닥유닛이며, 지지대로 높이 조절이 가능하고, 지지대에 의해 지지되는 패널상태의 바닥구조를 말한다. 일반적으로 바닥하부에 배선·배관기능을 갖는 구조이며, 지지대의 하단에 방진고무 등의 방진재를 부착하고, 방음

성을 증시한 것을 차음이중바닥이라고 한다. 이중바닥공간(이중바닥 속 공간의 높이는 구배와 배관의 크기 등에 따른다.)에 설비배관을 설치함으로써 주호내부에서 평면의 가변성을 높여주는 등, 라멘조 공동주택에서의 가변시스템을 도입할 수 있는 기술적인 가능성 등이 있다.

이중바닥구조의 장점은 첫째, 지지대에 의해 바닥높이 조절이 가능하고, 둘째, 적절한 탄력성을 지니고, 걷기 편하며, 피로하지 않은 쾌적한 보행감, 셋째, 전도시의 안전성이 우수하고, 넷째, 고령자에게도 친근하며 장애가 없는 대응력, 다섯째, 점검구를 설치할 수 있어 유지관리가 용이하고, 여섯째, 바닥하부의 공기층의 통풍에 의한 곰팡이·진드기 발생이 억제된다는 점이다.

이중바닥구조에 대한 연구로 국내에서는 사무소 건물을 대상으로 한 사무기기의 정보화에 따른 전기배선 등의 활용 등으로 액세스플로어의 사용이 많은데 비해 주거용 건물에의 적용이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

반면 일본에서는 주거용 건물의 바닥충격음 저감을 위하여 이중바닥을 지지하는 지지대의 하단 방진재에 대한 연구와 완충재를 이용한 이중바닥구조자체의 차음개선효과에 관한 연구가 이루어지고 있다.

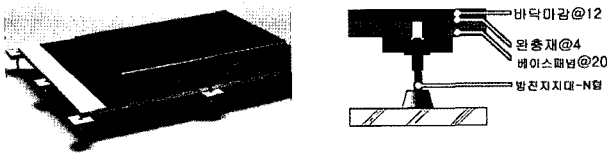
福島 明는 기초적으로 단열된 바닥하부에 난방기를 집중적으로 설치하고 공기순환에 의하여 주택전체의 난방을 실시하는 방식을 제안하였다. 이는 바닥하부의 난방기로부터의 상승기류를 이용하고 중공층의 벽체나 바닥면 개구부를 통하여 뜨거운 기류를 실내에 순환시킴으로서, 주택의 실내전체를 난방하는 방법이다. 바닥하부공간의 온도가 실온 보다 높게 유지되는 것에서 주택전체가 저온바닥난방에 근접한 환경이 되도록 하는 것이며, 쾌적한 온열환경이 가능하다.

3. 건식이중바닥온돌시스템의 기술현황

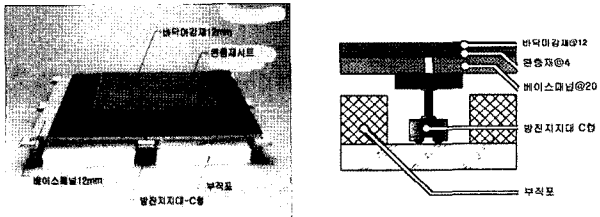
현재 일본에서 이중바닥시스템을 생산하는 업체는 (財)建材試驗센터와 (財)베타리빙으로 보에 의해 구획된 면적과 슬래브 두께, 바닥마감재 높이 및 방진고무의 물성에 따라 시험한 측정결과를 이중바닥시스템의 특성으로 인정하고 있다. <표 2>는 A社의 이중바닥시스템을 구분한

표 2. 이중바닥구조의 구성

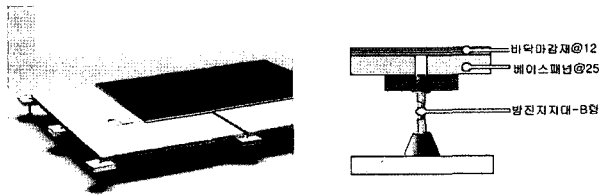
구분	방진고무형상	베이스패널 두께(mm)	이중바닥상부 완충재(mm)	이중바닥하부 단열재
Type I	N형	20mm	有 4mm	無
Type II			無	有
Type III				無
Type IV	C형		有 4mm	有(부직포)
Type V				有(아이소맥스)
Type VI			無	有(부직포)
Type VII				有(아이소맥스)
Type VIII				無
Type IX	B형		25mm	



(a) Type I



(d) Type IV



(i) Type IX

그림 1. 이중바닥구조체

것이고, <그림 1>은 그 중 대표적인 이중바닥구조체를 나타낸 것이다.

III. 측정대상 및 측정개요

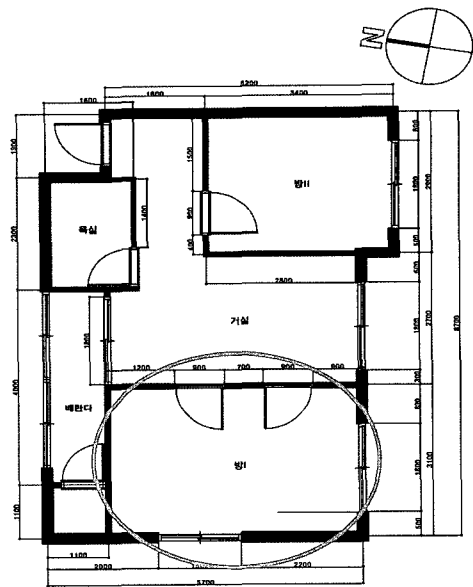
1. 측정대상, 시기, 측정점

본 연구는 서울 성북구에 있는 주택 1세대를 연구대상으로 선정하여 건식이중바닥온돌을 현장에 직접 시공한 후 실내온열환경 특성을 측정, 분석하였다. 측정기간은 2월 17일~18일까지이며, 실내온도를 22°C로 설정하여 12시간 난방, 24시간 난방 정지로 하여 실시하였다. <그림 2>는 측정대상주택의 평면도 및 측정정점을 나타낸다. 측정대상공간의 실크기는 4600×3100 mm(h=2200 mm)이다.

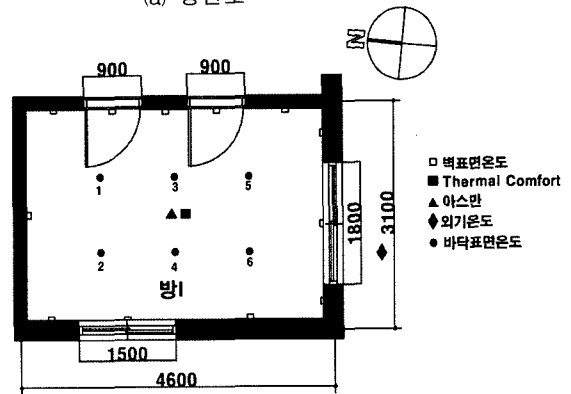
측정점은 수평 6점, 수직 5점이고, 수직온도측정의 위치는 바닥과 천장면에서 10 cm 떨어진 지점과, 좌식생활의 호흡고인 70 cm, 착석시 호흡고인 110 cm, 입식생활의 호흡고인 160 cm로 하였다. 외기온도는 남향의 1지점에서 측정하였다.

2. 온돌시스템의 구성

<표 3>은 온돌시스템의 구성을 나타내며, <그림 3>은 본 실험을 위해 구성한 건식이중바닥온돌시스템의 단면도를 나타낸 것이다. 단면 구성을 살펴보면 [슬래브+차



(a) 평면도



(b) 측정점

그림 2. 측정대상주택의 평면도 및 측정점

표 3. 건식이중바닥온돌시스템의 구성

온돌구조	구 성	배관 구성
건식이중바닥온돌	슬래브+[차음재(20mm)+지지대(75mm)+합판(12mm)+ABA 판넬(30mm)]+ 방열판(2mm)+알루미늄상판(3mm)+장판(2mm)	XL관(15) 배관피치 : 200mm

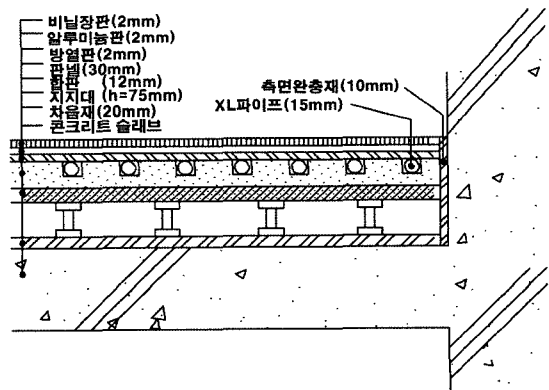


그림 3. 건식이중바닥온돌시스템의 단면도

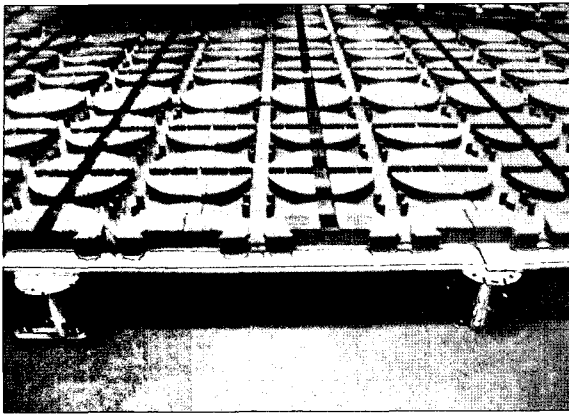


그림 4. 건식이중바닥온돌시스템의 구성장면

음재(20 mm)+지지대(75 mm)+합판(12 mm)+온돌판넬(30 mm)+방열판(2 mm)+알루미늄상판(2 mm)]]으로 구성하였고, 마지막 상부에는 모노룸 장판으로 마감처리를 하였다. 온수관은 $\phi 15$ mm의 XL관을 사용하였으며, 배관피치는 200 mm로 하였다. <그림 4>는 건식이중바닥온돌시스템의 구성장면이다. 온수관의 전열효율을 향상시키기 위하여 방열판(전열판)을 설치하고, 그 위에 알루미늄 상판을 설치하였다.

3. 측정항목 및 방법

<표 4>은 측정항목 및 측정기기를 나타낸다. 실내온도는 C-C열전대를 사용하여 10분 간격으로 데이터로거로 자동 측정하였다. 바닥표면온도는 실의 6지점에서 각각 측정하였으며, 실내의 중앙(높이 110 cm)을 대표점으로 하고 대표점에서는 온도, 습도, 흑구온도, 기류속도, PMV, PPD, OT를 10분간격으로 측정하였다. 아스만 통풍식 건습구온도계(Assmann)는 온·습도를 측정하고, 흑구(Globe)온도는 흑구온도계, 열선풍속계는 기류속도, PMV와 OT는 Thermal Comfort Meter로 측정하였다. 피부온도 측정은 20대 신체 건강한 남·여 각 1명을 대상으로 측정시간은 오전 9시~오후 6시까지(점심시간 제외)로 하루 총 7시간 30분 동안 측정하였다. 측정시 피험자를 실험

표 4. 측정항목 및 측정기기

측정항목	측정위치	측정기기
기온	실 중앙 (1점, 1.1m)	Assmann통풍식 건습구온도계, Thermal Recorder
습도		흑구온도계
흑구온도		열선 풍속계
기류속도		Thermal Comfort Meter
PMV, PPD, OT		
수평 및 수직온도	수평 6점, 수직 5점	Data Logger, C-C(T-type)열전대
바닥표면온도	6점(P1~P6)	
외기온도	남(1점)	
피부온도	신체 8부위	



그림 5. 피부온도 측정장면

실에 입실시킨 후 30분간의 대기시간을 가진 후 피부에 C-C 열전대를 부착시켜 측정하였으며, 설문지도 작성하게 하였다. 피부온도의 측정점은 이마, 가슴, 등, 팔의 윗부분, 팔의 아랫부분, 손등, 허벅지, 종아리의 총 8부위로 하였다. 피험자는 바닥에 앉은 자세로 조용히 앉아있으면서 대화나 독서만이 가능하게 하였다. <그림 5>는 피부온도 측정장면을 나타낸 것이다.

4. 설문조사

건식이중바닥온돌에서의 실내온열환경에 대한 재실자의 주관적 반응을 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 20대의 건강한 성인(학생)으로서, 피험자에게 조사의 목적과 내용을 숙지시킨 후 입실하여 평정감을 갖도록 하였으며, 실내온열환경에 따른 온열감을 30분 간격으로 설문지를 배부하고 편안한 자세에서 기입토록 하였다. 설문내용은 재실자의 신체조건 및 건강상태 등 일반적인 사항과 온열환경에 대한 몸 전체에 대한 온열감, 쾌적감, 습도감과 하반신 쾌적감 등으로 이루어졌다. 본 연구에서는 ASHRAE(1993)의 Psycho-physical voting scale을 이용하여 온열감 및 쾌적감의 척도로 온열감을 「대단히 덥다」에서 「대단히 춥다」까지의 7단계 척도, 쾌적감은 「쾌적하다」에서 「매우 불쾌하다」까지의 4단계 척도로 나누었다.

설문조사는 2월 17일에 실시하였으며, 측정시간은 오전 9시~오후 6시까지로 동일하였다. 피험자는 동일인이 동일위치에서 설문하여, 피험자 수 총 4명으로부터 설문지 총 72부를 회수하였다. <표 5>는 설문조사 개요이며, <표 6>은 피험자의 신체조건을 나타낸다.

표 5. 설문조사 개요

측정대상	측정일시	시간	피험자수	설문지수
건식이중 바닥온돌	2월 17일	9:00~13:00 14:30~18:00 (점심 및 휴식시간 제외)	남자 2명 여자 2명	1인 18부 총 72부

표 6. 피험자의 신체조건

항 목	A	B	C	D
성별	남	여	여	남
연령 (세)	27	25	27	25
신장 (cm)	183	158	155	175
체중 (kg)	74	51	45	75
clo	0.58	0.59	0.59	0.52

IV. 측정결과분석 및 고찰

1. 실내온열환경

1) 실내온도 및 상대습도

<그림 6>은 건식이중바닥온돌에서의 36시간 동안의 높이별 평균 실내온도, 외기온도, 후구온도 및 상대습도의 시간적 변화를 나타낸 것이다. 외기온도는 1~16°C(평균 6°C)의 분포로 나타났다.

실내온도 22°C로 설정하여 난방을 한 결과, 실내온도 14.3~23.9°C로 평균 19.2°C를 보였다. 습식온돌이 12시간 동안 실내온도가 평균 22°C에 도달하는 것에 비교하면, 건식이중바닥온돌의 경우는 평균 21.6°C를 나타내, 본 실험에서 구성한 이중바닥 온수온돌의 열성능이 양호함을 알 수 있다. 후구온도는 14.6~24.8°C로 평균 19.4°C의 분포를 보였으며, 상대습도는 18~44%로 평균 27.3%로 나타나 건조한 것으로 나타났다.

2) 바닥표면온도

<그림 7>은 건식이중바닥온돌에서의 각 지점별 바닥표면온도 변화를 나타낸 것이다. 14.9~35.7°C로 평균 22.8°C를 나타냈으며, 보일러 가동 12시간 동안의 평균 바닥표면온도가 30.8°C로 나타났다. 또한 보일러 가동 1시간 만에 바닥표면온도가 평균 25°C에 도달하고, 5시간 만에 31°C에 도달하는 것으로 나타났으며, 난방개시 후 8시간 30분이 지난 뒤 31.4~40.6°C로 평균 35.7°C의 최고온도분포를 나타냈다.

이는 습식온돌의 난방개시 후 11시간 30분이 지난 뒤

에 38.0~43.9°C(평균 40.9°C)의 최고온도분포를 보이는 것과 비교되는 결과이다. 또한 습식온돌이 난방시작 후 4시간 50분 후에 평균바닥표면온도 36.3°C에서 평균 실내온도 22°C에 도달한 것에 비하면 건식이중바닥온돌은 난방시작 후 5시간 20분 후에 평균바닥표면온도 32°C에서 평균 실내온도 22°C에 도달하는 것으로 나타났다.

각 지점별 평균바닥표면온도를 보면 보일러 가동한 12시간 동안 건식이중바닥온돌에서 1_F는 평균 30.5°C, 2_F는 평균 29.3°C, 3_F는 평균 31.5°C, 4_F는 평균 31.5°C, 5_F는 평균 30.9°C, 6_F는 평균 31.1°C로 나타났다. 지점별 온도분포 편차가 큰 습식온돌에 비해 건식이중바닥온돌에서는 지점별 온도분포 편차가 비교적 고른 것으로 나타났다. 바닥난방시스템에서의 표면온도분포의 난방시의 바닥의 부위별 온도차이가 크면 거주자의 신체 부분적으로 따뜻함과 차가움을 동시에 느끼게 하고 오히려 불편함을 느끼게 할 수 있는 측면에서 보면, 건식이중바닥온돌의 바닥표면온도분포는 온화한 감을 줄 수 있을 것으로 보인다.

3) 수직온도

<그림 8>은 건식이중바닥온돌에서의 수직온도의 시간

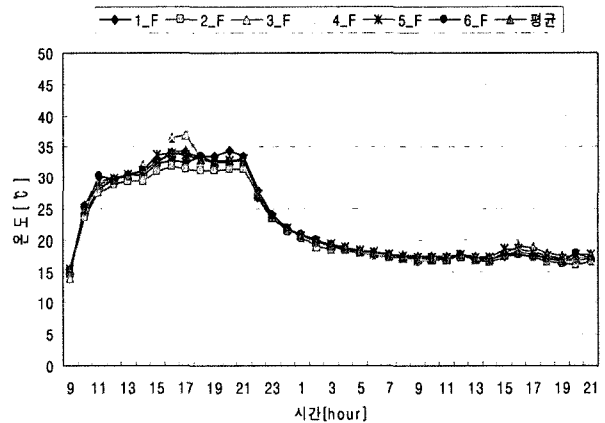


그림 7. 바닥표면온도 변화

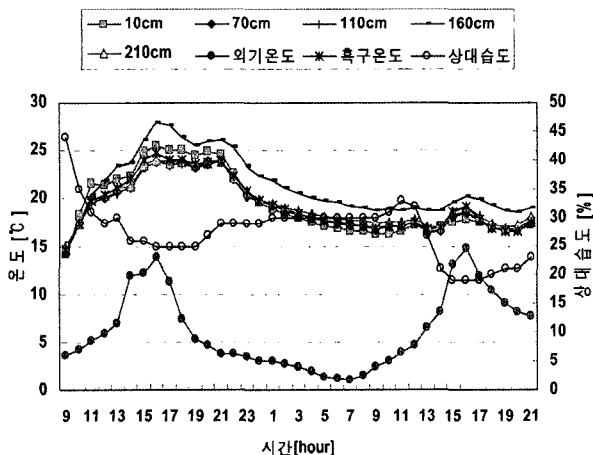


그림 6. 실내온도 및 상대습도의 시간적 변화

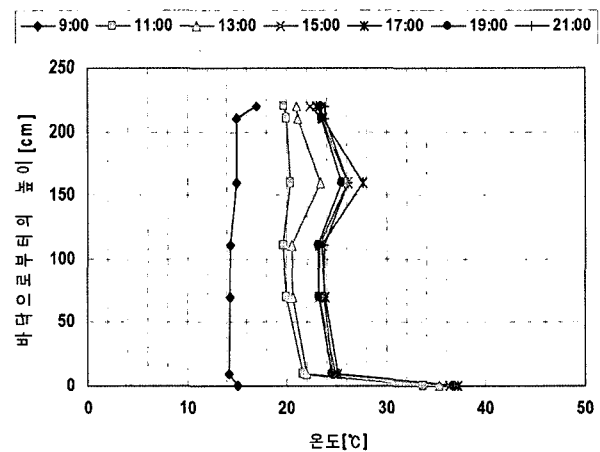


그림 8. 수직온도의 시간별 변화

적 변화를 나타내고 있다. 바닥 위 0.1 m 높이와 1.6 m 높이에서의 수직온도차를 살펴본 결과, -1.2~3.3°C로 평균 2.0°C로 나타났으며, 전체적으로 습식온돌이 균일한 온도분포를 보였는데 비해 건식이중바닥온돌의 경우 1.6 m 높이에서 균일하지 못한 수직온도분포를 보이는 것으로 나타나, 건식온돌에서의 문제점을 보였다. 이는 습식온돌의 축열로 인한 양호한 실내온도 상승에 비해, 건식온돌 시스템은 전열판의 높은 전열성능에 기인하여 방열성능은 향상되었지만, 열적으로는 불쾌감을 발생시킬 수 있는 것으로 판단된다.

2. 온열환경에 대한 피부온도 변화

<그림 9>는 건식이중바닥온돌에서의 피부온도 변화를 나타낸 것이다. 남자 피험자의 경우 가슴이 34.7°C로 가장 높게 나타났고, 손등이 32.5°C로 가장 낮은 온도를 보였다. 여자 피험자의 경우 등이 35.5°C로 가장 높게 나타났고, 허벅지가 31.2°C로 가장 낮은 온도를 보였다. 일반적으로 평균피부온도가 33.4~34.5°C 사이에 있고, 신체의 어느 부분의 피부온도도 평균값에서 +1.5°C와 -3°C를 넘지 않을 경우에 쾌적하다고 하는데 본 실험 결과 건식이중바닥온돌에서의 온열감각은 쾌적한 것으로 나타났다. 또한 이러한 쾌적온도는 실내온도와 바닥표면온도가 복합적으로 작용하며, 바닥표면온도의 온열감은 사람마다 다르나 대략 30~35°C가 좋다고 한다. 전체적으로 27~35°C의 좁은 범위의 피부온도 분포를 보이며, 모든 부위가 비교적 고른 피부온도 분포와 편차를 보였다.

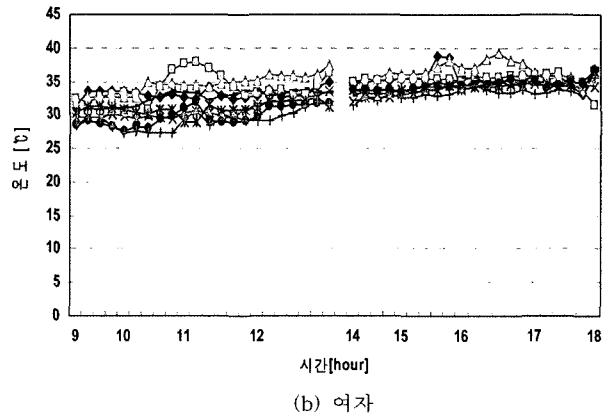
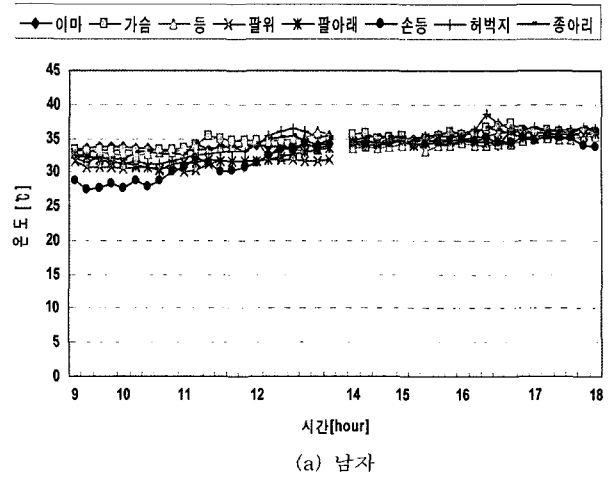


그림 9. 피부온도 변화

3. 실내온열환경에 대한 주관적 반응

<그림 10>은 건식이중바닥온돌에서의 실내온열환경에

대한 재실자의 주관적 반응을 설문조사한 결과이다. 재실자가 느끼는 온열감을 평가하도록 한 결과 '답지도 춥

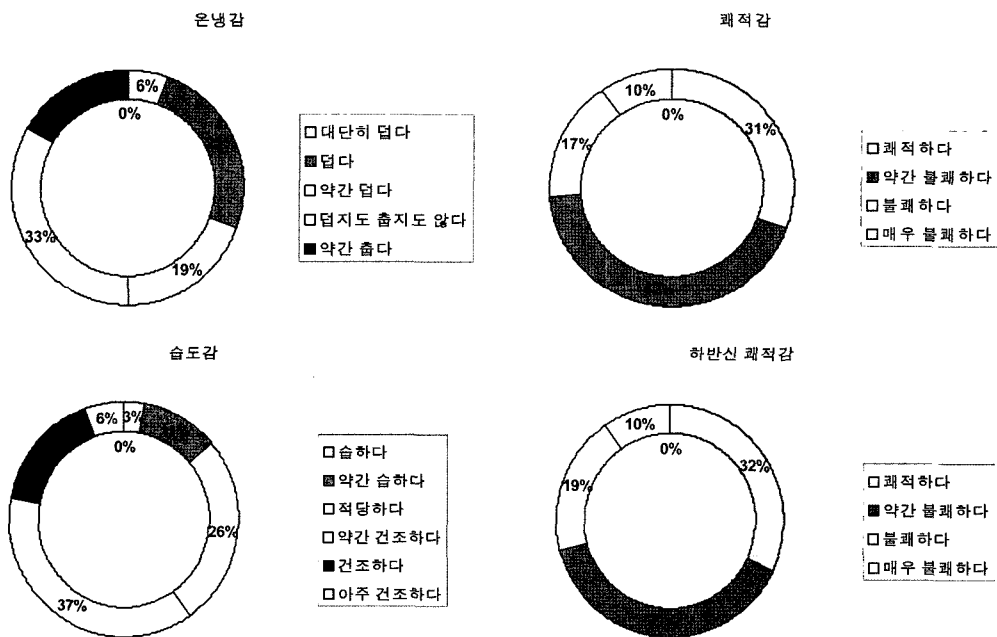


그림 10. 재실자의 주관적 반응

지도 않다'라는 응답이 33%로 나타나 전체적으로 온열감이 대체로 양호한 것으로 나타났고, '약간 덥다'라는 의견도 많았다. 몸전체 쾌적감은 '약간 불쾌하다'가 42%로 가장 높게 나타나, 쾌적감이 약간 떨어지는 것으로 나타났다. 습도감은 '약간 건조하다'가 가장 높았으며, 습식온돌에 비하면 건식이중바닥온돌이 더 건조한 것으로 나타났다. 국부감각의 하반신 쾌적감은 '약간 불쾌하다'가 39%로 높게 나타나, 습식온돌에 비해 하반신 쾌적감이 떨어지는 것으로 나타났다.

실내평균기온에 따른 온열감의 경우 실내평균기온 19~20°C에서 가장 만족하는 것으로 나타났고, 22°C이상일 때는 '약간 덥다'로 불쾌감을 나타냈다.

바닥표면온도에 따른 하반신 쾌적감의 경우 바닥표면온도가 29.6~30.3°C일 때 가장 쾌적한 것으로 나타났으며, 30.3°C 이상일 경우 약간 불쾌한 것으로 나타났다. 또한 32.8°C 이상일 경우는 불쾌감의 정도가 높음으로 나타나, 건식이중바닥온돌의 하반신 쾌적감에 대한 만족도가 떨어지는 것으로 나타났다.

V. 결 론

본 연구에서는 주택의 실제 공간을 대상으로 건식이중바닥온돌의 실내온열환경 및 쾌적성을 측정·분석하였다.

결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 실내온열환경

실내온도와 바닥표면온도 분석 결과, 본 실험에서 구성한 건식이중바닥온돌의 열성능이 양호함을 알 수 있었으나, 건식온돌의 문제점인 균일하지 못한 수직온도분포와 건조한 실내환경이 조성됨을 확인하였다.

(2) 쾌적성

피부온도 측정결과 건식이중바닥온돌에서 모든 부위가 비교적 고른 온도와 편차를 보이는 것으로 나타났다. 재실자가 느끼는 온열감은 대체로 양호한 것으로 나타났으나, '약간 덥다'라는 의견도 많았다. 습도감은 '약간 건조하다'가 가장 많았으며, 국부감각의 하반신 쾌적감은 건식이중바닥온돌의 하반신 쾌적감에 대한 만족도가 약간 떨어지는 것으로 나타났다.

본 실험에 앞서 건식이중바닥온돌의 물리적 열특성 과

악 결과 습식온돌에 비해 열성능과 에너지 소비 측면에서 유리한 것을 확인한 바 있으며, 본 실험을 통해 건식이중바닥온돌의 적용성 여부를 온열환경과 쾌적성 측면에서 평가하였다.

중전에는 구조체의 축열로 실온이 유지되는 습식온돌이 더 에너지 효율적일 수 있었으나, 최근 맛벌이나 독신자 등 생활패턴의 다양화로 인한 겨울철 난방시 일정 시간 동안만 공간을 이용하는 경우는 조속한 가열이 필요하므로 건식이중바닥온돌이 더 적합할 것으로 보인다. 또한 이러한 온돌공간에서의 인체의 열환경에 대한 반응의 변화와 같은 문제에 대한 접근은 미미한 실정으로 쾌적한 실내 주거환경을 위해서는 쾌적성을 향상시킬 수 있는 방안을 보완하여야 할 것으로 보인다.

추후 온돌시스템의 제반요소를 종합하여 전체를 하나의 시스템으로 파악한 종합적 접근으로 예열시간이 적은 건식온돌패널을 이용한 에너지 효율적이고, 공법이 간단하며 융통성 있는 하부공간을 설계하기 위한 환경친화적인 건식이중바닥온돌시스템 개발을 위한 연구가 다각적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김난행 외(2004), 전통온돌방의 실내온열환경 및 온열감에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 제 15권 2호.
2. 손장열 외(2004), 이중바닥온돌시스템 개발을 위한 열적 특성의 비교 실험연구, 대한건축학회논문집, 제20권 10호.
3. 이무진(1999), 바닥난방의 온열환경 및 열적반응에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 제10권 1호.
4. 이주연·최호선·이기섭·허 덕·조관식(2001), 기류를 이용한 실온변동 알고리즘이 인체에 미치는 생리적·심리적 영향에 관한 연구, 한국생활환경학회지, 제8권 제3호.
5. 이철구(2004), 실내 열환경에 대한 최근의 연구동향 고찰, 한국생활환경학회지, 제11권 제2호.
6. 최영식(1992), 기존문헌조사에 의한 바닥난방의 인체영향에 관한 연구, 한국주거학회논문집, 제3권 1호.
7. ASHRAE STANDARD 55-1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
8. ASHRAE(1997), ASHRAE Handbook Fundamentals, Chapter 8 Thermal Comfort.
9. ISO 7730-1994, Moderate thermal environments.
10. P.O. Fanger(1970), "Thermal Comfort", McGraw Hill.

(接受: 2005. 3. 17)