

콘크리트 바닥과 나무 바닥의 坐式 生活 姿勢別 溫熱感 比較 研究

A Study on the Thermal Comfort Comparison Between Wooden Floor and Concrete Floor based on Seating Life Style

송국섭* 전봉구** 이현우***
Song, Gook-Sup Jeon, Bong-Ku Lee, Hyun-Woo

Abstract

Thermal comfort depends on the surroundings of human body. Since Koreans are used to be seated or lay down on the floor one of the most important factors affecting their thermal comfort is the thermal characteristic of the materials that consist of the floor structure. In this study, two experimental chambers were constructed to evaluate the thermal characteristic difference between the wooden floor and the concrete floor. One was built by concrete and the other was by lauan wood. In each case, the floor surface temperature and air temperature were varied from 12°C to 39°C by 3°C step. The number of guinea pigs participated in the experiment were 1296 and they responded the sense of the thermal comfort of each case. The results of this experiment are as follows. (1) The comfortable temperature is 24~25°C for the room air and 30°C for the floor surface in the concrete floor chamber. (2) The comfortable temperature is 21°C for the room air and 23°C for the floor surface in the wooden chamber. (3) In the concrete floor chamber, the optimum floor surface temperature is 30.9°C at the posture of lay down and 26.6°C at the posture of seated on the floor. (4) In the wooden floor chamber, the optimum floor surface temperature is 26.6°C at the posture of lay down and 22.7°C at the posture of seated on the floor.

키워드 : 온열감, 바닥구조, 온돌, 좌식 생활

Keywords : Thermal Comfort, Floor Structure, Ondol, Seating Life Style

1. 서 론

1.1 연구의 목적

우리 나라에서는 바닥을 이용한 온돌난방방식이 전통적으로 이용되어 왔으며, 주거용 건물인 단독주택과 공동주택에서 거의 채택되는 난방방식이다. 온돌은 사회 문화적 요구조건과 기술의 변화에 따라 구들장을 이용한 온돌에서 콘크리트에 온수 파이프를 매설하는 형태로 변형되었다. 입산 연료를 이용하던 시기에는 산림녹화의 필요성 때문에 연탄연료를 이용하는 방식으로 변형되었고, 연탄가스 중독 사고를 방지하기 위하여 파이프 온돌로 변형되었다. 70년대에는 2차레의 석유과동으로 인하여 건물 외피의 단열이 의무화되는 건축구조의 변화가 있었는데, 현재의 온돌은 건물이 단열 되지 않았던 70년대 이전의 형태와 크게 다르지 않다. 공동 주택에서는 외벽의 단열 뿐만 아니라 발코니아에 알루미늄 샷시를 설치하여 초 단열 상태를 유지하고 있

다. 결과적으로 건물은 단열이 잘 되었지만 바닥에서 발생되는 열량은 예전의 열 손실이 많았던 건물과 크게 다르지 않아서, 실내는 과열되어 에너지 절약 효과를 기대하기 어렵게 되었다. 겨울철 공동주택의 실온은 24°C 이상 높은 온도로 유지되고 있어서¹⁾, 에너지가 과다하게 소모되고 있는 실정이다.

서구의 생활자세는 가구를 이용한 입식문화이므로 대류와 복사의 열전달이 온열 쾌적감에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 우리의 생활 문화는 좌식 생활이어서 바닥에 앉는 자세와 누운 자세가 기본이 되고 있어서, 인체와 바닥 구조체가 접촉되어 발생하는 전도 열전달 부분도 온열 쾌적감에 영향을 미치는 중요한 요소로 작용한다. 구조체의 온도가 인체의 쾌적감에 영향을 미치는 중요 요소임에도 불구하고 외국의 대류난방과 같은 방식으로 온열감을 평가하여 왔으며, 바닥을 구성하는 재료는 콘크리트 이외의 재료는 고려하지 않고 있는 실정이다. Olesen은 맨발의 상태에서 바닥구성재료에 따른 온열 쾌적감을 평가한 적이 있다. 우리와 같이 좌식 생활을 하지는 않지만 선 자세에서 발바닥과 접촉한 콘크리트 바닥의 쾌적온도 범위는 26~

* 정희원, 부천대학 건축과 교수, 공학박사
** 정희원, 동서울대 건축과 부교수, 공학박사
*** 정희원, 광운대 건축학과 부교수, 건축학박사
이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음

1) 한국건설기술 연구원, 공동주택의 열성능 향상 방안에 관한 연구, 1993, PP63-64

28.5°C로 발표하였다.²⁾ 우리나라의 연구자들도 콘크리트 바닥 구조에서 좌식생활인 경우 25-38.8°C를 쾌적온도로 제안하고 있다.³⁾ 우리나라의 온돌이 콘크리트 위주의 구조물 이어서 바닥은 30°C 내외로 유지되어야 쾌적감을 느낄 수 있으며 그 이하의 경우에는 불쾌적감으로 인공적인 방법으로 바닥의 온도를 높여주어야 한다. 바닥 재료는 콘크리트 이외의 나왕, 소나무, 참나무, 플라스틱, 코르크, 흙 등 다양한 재료가 가능할 것이며 재료에 따라서 쾌적 온도 범위도 달라질 것이다. 그중 낮은 표면온도에서도 쾌적감을 느낄 수 있는 재료로 바닥을 시공하면 에너지 절약과 동시에 쾌적성이 높은 건물을 거주자에게 제공할 수 있다.

본 연구의 목적은 한국인의 주된 생활 방식인 바닥에 앉은 자세와 누운 자세, 그리고 콘크리트와 나무 바닥 구조체에 따른 쾌적 온도 범위를 밝혀내어, 현재의 초 단열화된 건물에서 쾌적하면서 에너지 소비를 줄일 수 바닥 구조체를 만들 수 있는 기초 자료를 제공하는 것이다.

1.2 연구 방법 및 내용

본 연구에서는 바닥 구조별 온열감을 평가하기 위한 실험실을 기존의 실험실을 분석하여 만들었으며, 온도 범위를 12°C~39°C까지 3°C씩 임의로 바닥 온도와 실내 공기 온도를 변화 시킬 수 있도록 구성하였다. 바닥에 앉은 자세와 누운 자세 별로 온열감에 대한 설문 조사를 실시하고 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 쾌적 온도 범위를 회귀분석하였다.

2. 실험실 제작

2.1 기존 실험실 분석

① P·O Fanger의 실험실⁴⁾, ②윤정숙의 실험실⁵⁾, ③백용규, 손장열, 김희서, 안병욱의 실험실⁶⁾, ④한국 동력 자원 연구소(현 에너지 기술 연구소)의 실험모델⁷⁾, ⑤주택공사 주택연구소의 실험모델⁸⁾, ⑥이언구의 실험모델⁹⁾ 자료를 분석하였다. 우리나라의 모델은 난방 위주의 모델이었으나 본 연구에서는 바닥과 공기의 온도를 동시에 조절할 수 있는 냉·난방 시스템으로 설계 시공하였다.

2) ASHARE HANDBOOK FUNDAMENTALS 1997, Thermal Comfort, P8.14

3) 이언구, 온돌의 열환경, 건축에너지 위원회 1990년도 특별 강연회 온돌 세미나, 대한 건축학회, 1990. 9, P68

4) Fanger P.O. "Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering." MacGraw-Hill, NewYork, 1970. PP 71~72

5) 윤정숙, 여름철 실내 온열환경의 증성온도 설정에 관한 실험연구, 대한건축학회 논문집 8권 4호 통권42호 1992.4, P74

6) 손장열의 3인, 부분 온돌 난방 공간의 온열환경 특성 및 쾌적범위에 관한 연구, 대한 건축학회 논문집 10권 2호 통권64호, 1994. 2, P108

7) 박상동의 2인, 주택의 온열환경에 관한 연구, 대한건축학회 학술 발표 논문집, 1984. 4. P68

8) 이동주의 1인, 실험모델을 이용한 온돌의 온열환경 측정 연구, 대한 건축학회 학술발표 논문집 제12권 제1호, 1992. 4. P200

9) 이언구, 공동주택의 최적 난방 시스템 개발에 관한 연구, 중앙대학교 생산공학 연구소, 1996. PP79~84

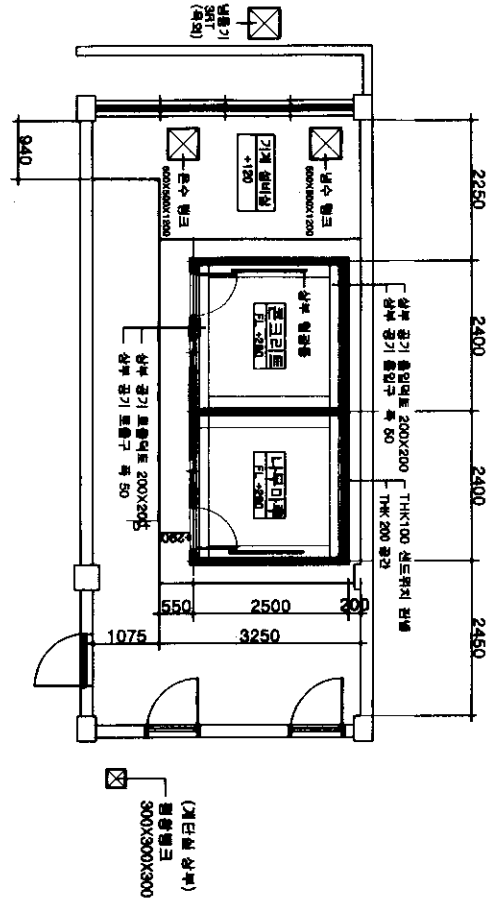


그림 1 실험실 평면도

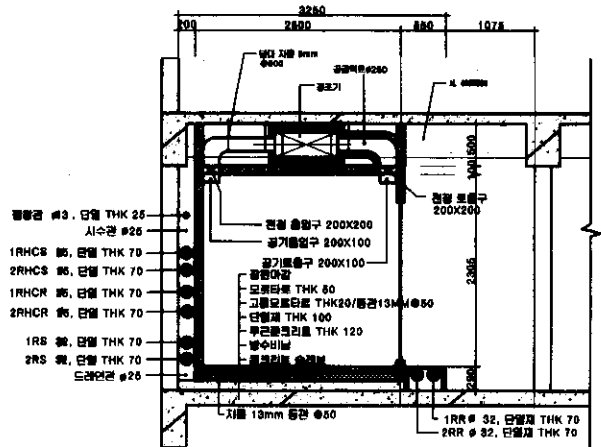
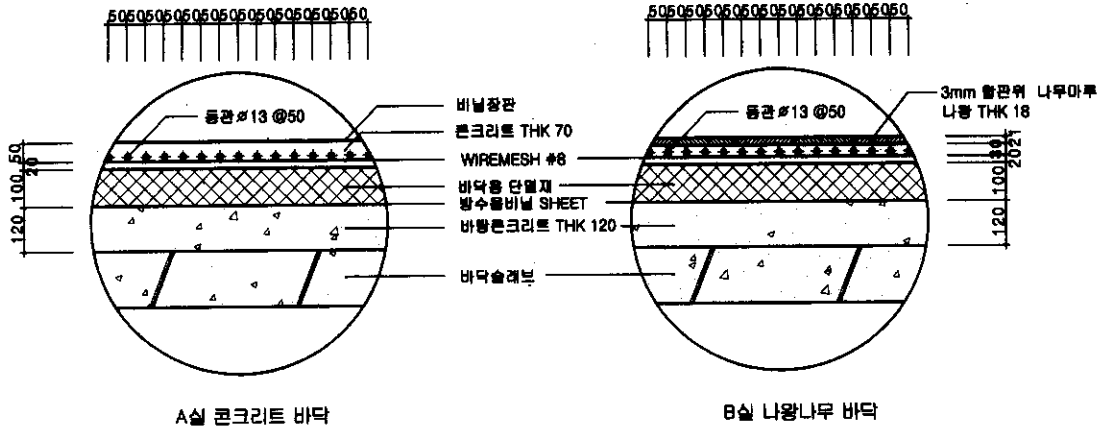


그림 2 실험실 단면도



3 바닥 단면 상세도

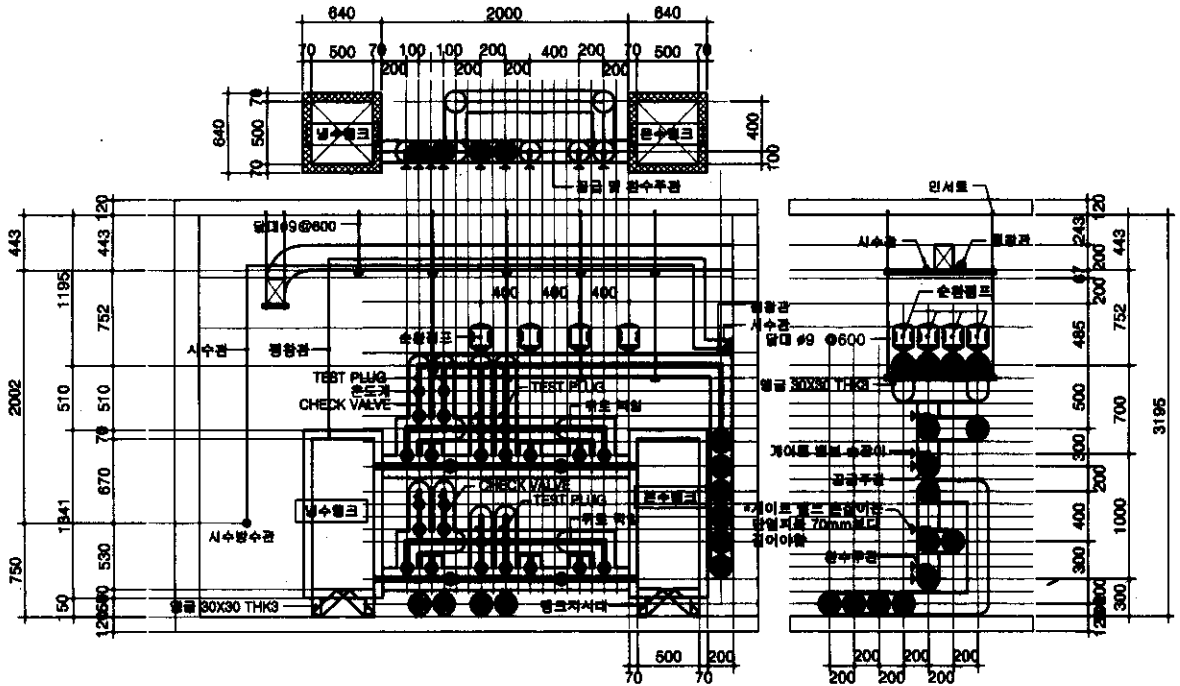


그림 4 설비 기기 전개도

2.2 실험실 공사

경기도 부천시 원미구 심곡동 424번지 부천대학 제1 공학관 지하실에 실험실을 공사하였다. 실험실 2개에 한쪽은 기존의 콘크리트 바닥을 시공하고, 다른 한쪽은 나왕 나무 바닥 구조로 실험실을 구성하였다. 기계실에서는 전기 보일러와 냉동기를 설치하여 냉온수 탱크에 있는 물의 온도를 바꿀 수 있도록 하였다. 냉수의 경우 5℃, 온수는 80℃까지 변경할 수 있도록 하였고, 실험실의 공기온도와 바닥 온도의 조절은 H 전자의 DX-7 온도 조절기를 사용하였다. 실온 조절용 센서와 바닥 온도 조절용 센서를 설치하였는데 바닥 온도 조절은 센서의 위치에 따라 심한 영향을 받으므로 센서의 반은 바닥에 묻고 반은 실내 공기층에 노출시킨 후 심한 대류의 영향을 피하기 위해, 센서를 보호하기

위해 얇은 종이로 덮었다. 콘크리트 바닥온도는 열량의 공급에 따라 온도변화가 빨리 나타난 반면 나왕나무 바닥은 설정온도에 도달하는 시간이 콘크리트에 비하여 길었다. 표 2와 같은 바닥재료의 열특성 때문이다.

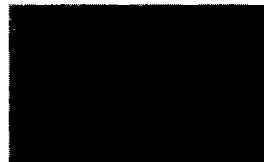


그림 5 실온 센서



그림 6 바닥 센서

3. 피험자 실험

3-1. 조사항목

피험자의 설문조사항목은 ① 성별, ② 연령, ③ 평소의 건강 상태(아주 약하다, 약한편이다, 조금 약하다, 보통이다, 조금 건강하다, 건강하다, 매우 건강하다), ④ 온열감에 대한 평소의 민감도(매우 둔하다, 둔하다, 조금 둔하다, 보통이다, 조금 민감하다, 민감하다, 매우 민감하다), ⑤ 현재의 자세(바닥에 누운자세, 바닥에 앉은 자세), ⑥ 실험실에 대한 온열감(매우 덥다, 덥다, 약간 덥다, 적당하다, 약간 춥다, 춥다, 매우 춥다), ⑦ 실험실에 대한 느낌(아주 좋다, 좋다, 조금 좋다, 보통이다, 조금 나쁘다, 나쁘다, 아주 나쁘다), ⑧ 방바닥에 대한 온열감(⑥과 동일), ⑨ 방바닥에 대한 느낌(⑦과 동일), ⑩ 착용하고있는 의복 조사(ASHARE 에서 정의한 의복) 등이다.

3-2. 실험 방법

실험실에 피험자가 도착하면 5분~10분 정도 안정시킨 후에 실험실에 입실시켰다. 각 바닥에 피험자를 입실시킨 후 20분 이상 한 자세를 유지하도록 하고, 실험실을 퇴실할 때 설문에 답하도록 하였다. 피험자의 자세에 대하여는 특별한 주문을 하지 않고, 임의의 자세로 편안하게 선택하도록 하였다. 대부분의 피험자가 앉은 자세를 취하였으며 일부의 피험자만이 누운 자세로 시험에 응 하였다.



그림 7 앉은 자세 실험

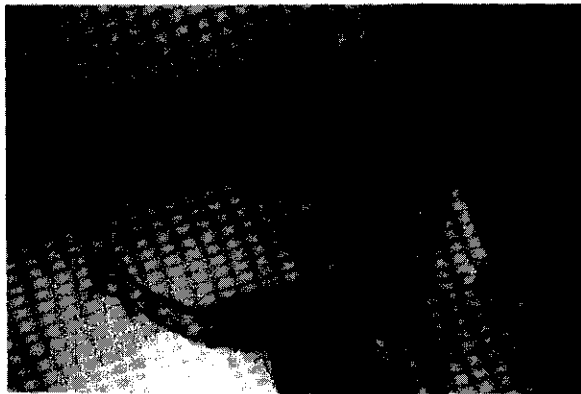


그림 8 누운 자세 실험

4. 피험자 조사 결과

4.1 피험자와 실험의 특징

(1) 성별 구성

실험에 참여한 성별 구성은 남자 1108명, 여자는 186명이었다. 2명은 무응답이었다.

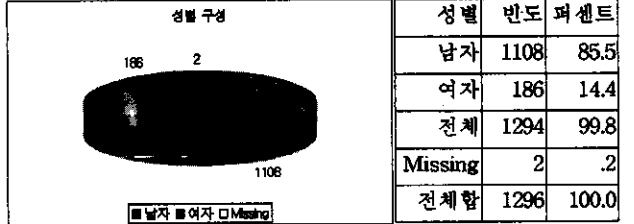


그림 9 피험자 성별 구성

(2) 나이

조사에 참여한 피험자는 대학생을 중심으로 이루어져 최소 18세에서부터 31세까지였으며, 13세의 범위를 나타내었고 평균 20.7세였다.

(3) 평소 건강

피험자는 대학생으로 '건강하다'가 462명(35.6%), '보통이다'가 383명(29.6%)로 대부분이 건강한 상태였다.

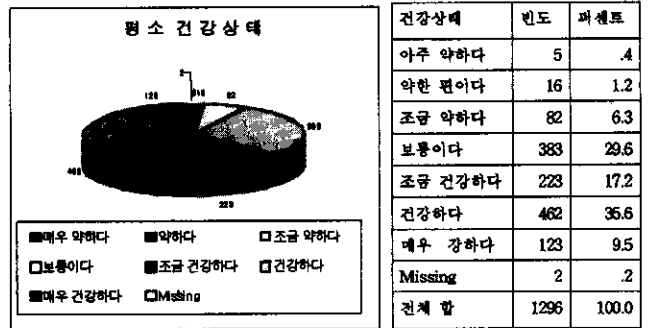


그림 10 피험자의 평소 건강

(4) 온열 민감도

온열감에 대한 평소의 민감도에 대한 피험집단은 '보통이다'가 579명(44.7%) 조금 민감하다가 332명(25.6%)로 나타나 보통이상의 민감한 온열감을 갖고 있었다.

(4) 착의량

착의량은 ASHARE에서 정의한 Clo 값을 기준으로 입고 있는 옷 모두를 표시하게 한후 착의량 계산식에 의하여 계산하였다.

$$Clo = 0.82 \times \sum(\text{각의복의 } clo)$$

평균값은 0.508이었고, 최소치는 0.18, 최대치는 1.1562였다. 전반적으로 가벼운 옷을 입고 있었다.

(5) 피험자의 자세

실험에 임하는 피험자의 자세는 실험실에 입실한 후 자유로운 자세를 취하도록 하였다. 누운자세의 피험자가 404명(31.2%), 바닥에 앉은 자세의 피험자가 868명(67.0%)였다. 분석은 우리나라 생활방식인 앉은 자세와 누운자세를 분석의 대상으로 하였다. 의자에 앉은 자세와 선자세는 피험자의 숫자가 적어 분석의 대상에서 제외하였다.

표 1 바닥 재료와 온도별 실험인원 분포

바닥 구조	공기온도 바닥온도	실내공기온도																합계	
		12.0	13.0	14.0	15.0	17.0	18.0	19.0	21.0	21.5	22.0	24.0	24.3	25.0	27.0	30.0	31.0		33.0
콘크리트 바닥	11.5									3									3
	12.0	9			10		10		3		5	2							39
	13.0										5								5
	15.0	11			10		10		12			10			10				63
	16.0										5								5
	18.0	8	7		11		10		10			17			15	14		13	105
	21.0	10			8		10		14			13		4	10	10		10	89
	23.0																	1	1
	24.0	11			10		10	5	12			9			8	12		9	86
	25.0								3						2				5
	26.1												1						1
	27.0				10		10		11			24			10	10		10	85
	28.0								1										1
	30.0				6	1	13		12			23			10	9		10	84
	31.0															1			1
	33.0				10		10		12			10			8				50
36.0								9			11							20	
39.0								8								2		10	
합계		49	7		75	1	83	5	107	3	15	119	1	4	73	56	2	53	653
나왕나무 바닥	12.0	10			11		10		7			3							41
	13.0								3	1	5								9
	14.0								5										5
	15.0	10			10		10		6			10			10				56
	16.0								2										2
	17.0										9								9
	18.0	8			11		10		10			16			15	14		11	95
	20.0		3						3										6
	21.0	10		4	10		10		6			14		4	10	10		10	88
	23.0								4									1	5
	24.0	11			10		11	5	11			10			9	12		8	87
	25.0						3											1	4
	26.0						1												1
	26.1												1						1
	27.0				10		5		14			24			10	10		10	83
	28.0						7												7
29.0										1								1	
30.0				7	1	3		28			22			10	9		5	85	
31.0						10		4			12				1		5	32	
32.0														8				8	
33.0				10							6							16	
합계		49	3	4	79	1	80	5	103	1	15	117	1	4	72	56		51	641

(6) 바닥재료별 피험자 수

콘크리트 바닥의 실험에 참여한 피험자의 수는 전체 1296 명중 655명(50.5%)이고 나왕나무 바닥의 실험실에 참여한 수는 641명(49.5%)이다. 피험자가 1인이 실험실에 도착하면 콘크리트 바닥에 관한 온열감 반응을 조사하고 난 후 나왕 나무 바닥의 실험실에 참여하도록 하여 양 실험실에서 반응을 조사하였다.

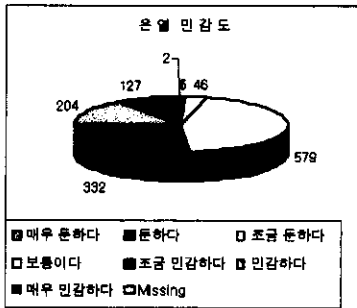
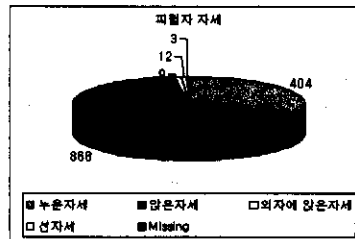
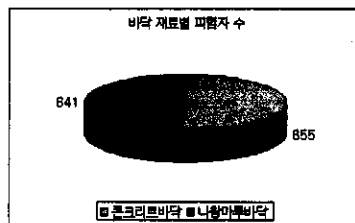


그림 11 온열감에 대한 평소 민감도



자세	빈도	퍼센트
누운자세	404	31.2
앉은자세	888	67.0
의자에 앉은자세	9	.7
선자세	12	.9
Missing	3	.2
합계	1296	100.0

그림 12 피험자 자세



바닥 구조	빈도	퍼센트
콘크리트 바닥	655	50.5
나왕 나무 바닥	641	49.5
합계	1296	100.0

그림 13 바닥 재료별 피험자 수

(7) 실험재료의 열특성

실험에 사용된 재료의 열특성은 표2 와 같다.

표 2 실험재료의 열특성

재료명	두께(mm)	열전도율 (kcal/mh℃)	비열 (kcal/Kg℃)	밀도 (kg/m ³)
콘크리트	70	1.3	0.22	2,400
비닐장판	2	0.17	0.30	1,190
합판	3	0.111		
나왕나무	18	0.15	0.54	470
단열재	100	0.032	0.33	15

(8) 실험 대상 인원

바닥 구조체와 바닥 온도 공기 온도 별 실험 대상인원은 표1 과 같다.

4.2 교차 분석

춥다와 덥다 사이의 온열감, 나쁘다와 좋다 사이의 느낌에 영향을 미치는 각 변인들의 관계를 파악하고 분포를 알기 위하여 교차 분석을 하였다. 콘크리트 바닥과 나무 바닥 사이의 공기온도와 바닥온도에 대한 온열감을 상호 비교하여 바닥 구성 재료에 따른 온열감을 평가하였다. 또한 Pearson의 R 값으로 상관 관계를 파악하여 회귀분석의 기초 자료로 활용하였다.

(1) 실전체 온열감과 공기온도 교차 분석

실전체 온열감과 공기온도와의 교차표를 바닥 재료에 따라 작성하였다. 실전체 온열감에서 바닥온도 변수도 있으므로 일반적으로 알려진 추운 온도에서도 덥다나 적당하다는 반응이 나올 수 있다. 콘크리트 바닥의 온열감 분포와 나무 바닥의 온열감 분포를 비교하면 콘크리트 바닥이 춥다고 응답한 인원이 많이 배치되어 있다. 인체로부터의 열손실의 크기를 알 수 있다. 상관관계를 나타내는 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.568, 나왕나무 바닥에서 0.625로 나타나 상관관계가 있음을 알 수 있다. 나무 바닥의 경우가 콘크리트 바닥에 비하여 실내 공기의 영향을 더욱 많이 받는 것으로 파악된다.

(2) 실전체 온열감과 바닥온도 교차 분석

실전체 온열감과 바닥온도와의 상관 관계를 파악하기 위하여 교차표를 만들었다. 각 온도별 온열 반응의 분포는 표 4와 같다. 바닥에 앉거나 누워서 생활하는 경우 인체의 상당 부분이 바닥재료와 접촉되어 전도에 의한 열손실이 발생하는데 콘크리트는 열전도율이 높고 열용량이 크기 때문에 많은 양의 열손실이 생기며, 나무 바닥의 경우는 낮은 열전도율과 열용량이 적어서 콘크리트에 비하여 열손실이 적게 발생한다. 바닥의 온도가 같은 경우에도 콘크리트 바닥의 반응이 춥게 나타나는 것은 이와 같은 이유일 것으로 판단된다. 상관관계를 나타내는 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.361, 나무 바닥에서 0.288로 나타나 공기만큼 실온열감에 영향을 미치지 못하는 못하지만 온열감에 영향을 미치는 요소임을 알 수 있다. 또한 콘크리트 바닥은 나무 바닥에 비하여 실온열감에 더욱 많은 비율로 영향을 미치는 것으로 판단된다.

표 3 실전체 온열감과 공기온도 교차표

바닥 재료	실온 기온	온열감							합계	
		매우 춥다	춥다	조금 춥다	적당 하다	조금 덥다	덥다	아주 덥다		
콘 크 리 트 바 닥	12.0	3	18	22	6				49	
	13.0	3	4						7	
	15.0	6	20	27	19	2	1		75	
	17.0				1				1	
	18.0	7	15	30	28	2		1	83	
	19.0		1	2	2				5	
	21.0		8	48	43	6	2		107	
	21.5			1	2				3	
	22.0		6	6	3				15	
	24.0	1	4	37	57	16	4		119	
	24.3				1				1	
	25.0			1	3				4	
	27.0		3	22	35	12	1		73	
	30.0		2	6	16	20	10	2	56	
	31.0				1	1			2	
	33.0			1	15	19	13	5	53	
	합계		20	81	203	232	78	31	653	
	나 왕 나 무 바 닥	12.0		10	22	17				49
		13.0		1	2					3
		14.0	1			3				4
15.0		5	13	22	33	6			79	
17.0					1				1	
18.0			4	34	37	3	1	1	80	
19.0					3	1	1		5	
21.0				22	68	12	1		103	
21.5				1					1	
22.0				2	10	1	2		15	
24.0			1	12	73	20	7	4	117	
24.3			1						1	
25.0					2		2		4	
27.0				4	32	30	5	1	72	
30.0				1	13	26	13	3	56	
33.0			1	5	19	21	5	51		
합계		6	30	123	297	118	53	641		

표 4 실전체 온열감과 바닥온도 교차표

바닥 재료	실온 바닥온	온열감							합계
		매우 춥다	춥다	조금 춥다	적당 하다	조금 덥다	덥다	아주 덥다	
콘 크 리 트 바 닥	11.5			1	2				3
	12.0	4	14	11	8	1	1		39
	13.0		2	2	1				5
	15.0	2	19	23	16	2	1		63
	16.0		1	4					5
	18.0	5	18	38	27	9	7	1	105
	21.0	6	9	39	20	14	1		89
	23.0					1			1
	24.0	3	12	30	25	10	5	1	86
	25.0		1	2					5
	26.1				1				1
	27.0		2	25	33	18	4	3	85
	28.0				1				1
	30.0		2	10	53	11	7	1	84
	31.0							1	1
	33.0		1	12	30	3	3	1	50
	36.0			4	9	5	2		20
	39.0			2	4	4			10
	합계		20	81	203	232	78	31	653

표 4 계속

바닥 재료	실온 열감 바닥온	공기온도							합계
		매우 춥다	춥다	조금 춥다	적당 하다	조금 덥다	덥다	아주 덥다	
나 왕 나 무 바 닥	12.0	3	10	16	10	2			41
	13.0			2	4	3			9
	14.0			2	2	1			5
	15.0		8	15	28	5			56
	16.0				1	1			2
	17.0			1	5	1	2		9
	18.0		1	17	43	23	9	2	96
	20.0		1	3	2				6
	21.0	2	4	23	36	11	11	1	88
	23.0			2	2		1		5
	24.0	1	4	13	41	21	6	1	87
	25.0				2	1	1		4
	26.0				1				1
	26.1		1						1
	27.0		1	14	43	11	11	3	83
	28.0			3	3	1			7
	29.0				1				1
	30.0			8	42	23	8	4	85
	31.0			2	21	4	3	2	32
	32.0			2	2	4			8
33.0				8	6	1	1	16	
합계	6	30	123	297	118	53	14	641	

(3) 실전체 느낌과 공기온도 교차 분석

피험자가 느끼는 좋다 나쁘다하는 실의 느낌과 공기 온도와 상관 관계를 파악하기 위한 교차 분석에서 Pearson의 R 값이 콘크리트 바닥은 -0.17, 나왕나무 바닥은 -0.125로 나타나 관계가 없는 것으로 파악된다. 전체 온도에서 좋다는 반응과 나쁘다는 반응이 동시에 나타나고 있어서 온도의 지표로서 좋다 또는 나쁘다하는 평가는 적당하지 않은 것으로 생각된다.

(4) 실전체 느낌과 바닥온도 교차 분석

실전체 느낌과 바닥온도와의 상관관계를 나타내는 Pearson의 R 값이 콘크리트 바닥에서 0.257, 나왕나무 바닥에서 0.061로 나타나 상관관계가 없는 것으로 파악된다.

(5) 공기 온열감과 공기온도 교차 분석

공기 온열감과 공기 온도와의 분포는 일정한 패턴을 갖고 있으며 상관관계를 나타내는 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥과 나왕나무 바닥 모두 0.664로 나타나 상관관계가 크다는 것을 알 수 있다. 콘크리트 바닥은 낮은 온도대에서 춥다는 반응이 나무 바닥에 비하여 많이 나타났다. 바닥 재료의 열특성에 따라 바닥에 대한 온열반응 뿐만 아니라 공기에 대한 온열감의 반응에도 영향을 미치는 것으로 판단된다.

표 5 실전체의 느낌과 공기온도 교차표

바닥 재료	실의 느낌 바닥온	공기온도							합계	
		아주 나쁘다	나쁘다	조금 나쁘다	보통 이다	조금 좋다	좋다	아주 좋다		
콘 크 리 트 바 닥	12.0	1	4	11	18	7	6	2	49	
	13.0	1	1	2	1		2		7	
	15.0	2	12	10	30	11	8	2	75	
	17.0				1				1	
	18.0	3	10	11	27	11	14	7	83	
	19.0				2	3			5	
	21.0		4	18	36	17	30	2	107	
	21.5		1	2					3	
	22.0	2	6	3	4				15	
	24.0	2	7	17	48	23	20	2	119	
	24.3				1				1	
	25.0				2		2		4	
	27.0	1	4	19	20	17	10	2	73	
	30.0	2	3	9	24	8	9	1	56	
	31.0				1		1		2	
	33.0	2	6	13	23	5	4		53	
	합계	16	58	115	238	102	106	18	653	
	나 왕 나 무 바 닥	12.0	1	1	6	30	4	5	2	49
		13.0		1	2					3
		14.0				2	1	1		4
15.0		2	10	6	42	11	7	1	79	
17.0					1				1	
18.0		1	3	10	37	7	12	10	80	
19.0				1	2	2			5	
21.0		1	2	13	39	22	22	4	103	
21.5							1		1	
22.0			1	3	8	2		1	15	
24.0		1	12	20	42	22	16	4	117	
24.3							1		1	
25.0			1		1	2			4	
27.0			1	15	33	8	11	4	72	
30.0		1	8	10	23	8	5	1	56	
33.0		13	20	12	4	2		51		
합계	7	53	106	272	93	83	27	641		

표 6 공기 온열감과 공기온도 교차표

바닥 재료	공기 온열 감 기온	공기온도							합계	
		매우 춥다	춥다	조금 춥다	적당 하다	조금 덥다	덥다	아주 덥다		
콘 크 리 트 바 닥	12.0	3	14	25	7				49	
	13.0	3	3	1					7	
	15.0	4	12	39	18	1	1		75	
	17.0				1				1	
	18.0	9	11	31	30	2			83	
	19.0			4	1				5	
	21.0		8	48	47	4			107	
	21.5				3				3	
	22.0			3	10	2			15	
	24.0		6	21	79	11	2		119	
	24.3			1					1	
	25.0				4				4	
	27.0		2	6	49	14	2		73	
	30.0			3	15	23	12	3	56	
	31.0			1	1				2	
	33.0				12	15	20	6	53	
	합계	19	56	183	277	72	37	9	653	
	나 왕 나 무 바 닥	12.0		8	22	18	1			49
		13.0		1	1	1				3
		14.0	1			3				4
15.0		4	19	21	32	3			79	
17.0					1				1	
18.0		1	6	30	39	4			80	
19.0					5				5	
21.0			1	28	56	15	3		103	
21.5						1			1	
22.0					12	2	1		15	
24.0			3	19	65	24	4	2	117	
24.3			1						1	
25.0					1	2	1		4	
27.0				5	23	37	7		72	
30.0					12	25	15	4	56	
33.0			1	5	18	19	8	51		
합계	6	39	127	273	132	50	14	641		

(6) 공기 온열감과 바닥온도 교차분석

공기 온열감과 바닥 온도와의 상관관계를 나타내는 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.123, 나왕나무 바닥에서 0.160이므로 상관관계가 크지 않은 것으로 나타났다. 실내 공기의 출다 답다하는 온열감각은 바닥 온도만으로 평가하는 것은 의미가 없는 것이다.

(7) 공기 느낌과 공기온도 교차분석

공기 느낌과 공기 온도와의 상관관계를 나타내는 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 -0.167로, 나왕나무 바닥에서는 -0.233으로 나타나 상관관계가 크지 않은 것으로 나타났다.

(8) 공기 느낌과 바닥온도 교차분석

공기 느낌과 바닥온도와의 상관관계를 나타내는 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.004, 나왕나무 바닥에서 0.057로 나타나 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다.

표 7 바닥 온열감과 바닥온도 교차표

바닥 재료	바닥 온열감 바닥 온도	바닥 온도							합계
		매우 출다	출다	조금 출다	적당하다	조금 답다	답다	아주 답다	
콘크리트 바닥	11.5	1	2						3
	12.0	6	25	7	1				39
	13.0	4	1						5
	15.0	10	30	17	5	1			63
	16.0		3	2					5
	18.0	10	34	49	10	1	1		105
	21.0	5	21	38	23	2			89
	23.0			1					1
	24.0	1	8	26	46	5			86
	25.0			2	3				5
	26.1				1				1
	27.0		1	20	44	14	5	1	85
	28.0				1				1
	30.0			5	52	26	1		84
	31.0						1		1
	33.0			1	25	19	4	1	50
	36.0				7	11	2		20
39.0				1	4	5		10	
합계		37	125	168	219	83	19	2	653
나왕나무 바닥	12.0	4	16	17	4				41
	13.0		1	6	2				9
	14.0		1	4					5
	15.0	1	14	25	15	1			56
	16.0				2				2
	17.0			3	5		1		9
	18.0	1	7	32	46	4	3	2	95
	20.0				6				6
	21.0	1	4	30	49	2	2		88
	23.0			1	4				5
	24.0		3	10	65	8	1		87
	25.0				3	1			4
	26.0				1				1
	26.1				1				1
	27.0		1	7	57	12	5	1	83
	28.0				6	1			7
	29.0				1				1
30.0			2	49	26	7	1	85	
31.0			1	22	5	2	2	32	
32.0			3	3	1	1		8	
33.0				7	6	2	1	16	
합계		7	47	141	348	67	24	7	641

(9) 바닥 온열감과 공기온도 교차 분석

바닥 온열감과 공기온도와의 상관관계를 파악하기 위한 교차분석에서 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.174, 나왕나무 바닥에서 0.266으로 나타나 유의하지 않은 것으로 나타났다

(10) 바닥 온열감과 바닥온도 교차 분석

바닥 온열감과 바닥온도와의 상관관계를 파악하기 위한 교차분석에서 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.734, 나왕나무 바닥에서 0.550으로 나타나 바닥 온열감과 바닥온도는 매우 상관 관계가 높은 것으로 나타났다. 특히 콘크리트 바닥의 경우 바닥 표면의 온도가 인체의 온열감에 민감하게 반응하는 요소로 파악된다. 나무 바닥은 콘크리트 바닥에 비하여 영향이 적는데 인체와의 열전달량이 상대적으로 적기 때문일 것으로 생각된다.

표 8 바닥느낌과 바닥온도 교차표

바닥 재료	바닥 느낌 바닥 온도	바닥 온도							합계
		아주 나쁘다	나쁘다	조금 나쁘다	보통이다	조금 좋다	좋다	아주 좋다	
콘크리트 바닥	11.5	1	1	1					3
	12.0	6	13	7	6	4	2	1	39
	13.0	4			1				5
	15.0	6	16	13	19	3	4	2	63
	16.0		1	3				1	5
	18.0	5	12	22	28	13	21	4	105
	21.0	5	9	18	31	14	11	1	89
	23.0				1				1
	24.0		2	17	30	12	21	4	86
	25.0				3	1	1		5
	26.1					1			1
	27.0	3	1	19	24	17	18	3	85
	28.0					1			1
	30.0		1	10	33	14	21	5	84
	31.0				1				1
	33.0	1	3		9	14	19	4	50
	36.0				10	3	7		20
39.0			1	2	2	3	1	10	
합계		31	60	112	198	98	129	25	653
나왕나무 바닥	12.0	1	6	10	16	3	4	1	41
	13.0		1	6	2				9
	14.0			3	1	1			5
	15.0	2	5	14	27	5	2	1	56
	16.0				1	1			2
	17.0			2	1	3	3		9
	18.0		4	14	24	25	21	7	95
	20.0				2	1	3		6
	21.0	2	3	13	38	15	15	2	88
	23.0					2	3		5
	24.0	1	3	15	30	18	15	5	87
	25.0				1		1	2	4
	26.0							1	1
	26.1							1	1
	27.0	2	3	16	28	13	15	6	83
	28.0			1	2	2		2	7
	29.0					1			1
30.0	1	1	12	35	18	16	2	85	
31.0	4		2	8	11	4	3	32	
32.0			2		1	2	3	8	
33.0			2	3	6	3	2	16	
합계		13	28	113	222	123	107	34	641

표 9 콘크리트 바닥의 온열감 회귀분석

번호	종속변수	독립변수	자세	회귀식	R2	중성점	쾌적범위
1	실전체온열감	공기온도	누운자세	$Y = 0.112X + 1.121$	0.264	-	
2	실전체온열감	공기온도	앉은자세	$Y = 0.117X + 1.008$	0.383	25.6	21.3 - 29.8
3	실전체온열감	공기온도	자세무관	$Y = 0.114X + 1.017$	0.343	25.7	21.8 - 30.6
4	실전체온열감	바닥온도	누운자세	$Y = 0.04389X + 2.547$	0.067	-	
5	실전체온열감	바닥온도	앉은자세	$Y = 0.07062X + 1.862$	0.183	-	
6	실전체온열감	바닥온도	자세무관	$Y = 0.06236X + 2.146$	0.131	-	
7	실전체온열감	공기온도, 바닥온도	누운자세	$Y = 0.107X_1 + 0.03658X_2 + 0.301$	0.311		24 / 30.9
8	실전체온열감	공기온도, 바닥온도	앉은자세	$Y = 0.104X_1 + 0.05529X_2 + 0.03326$	0.476		24 / 26.6
9	실전체온열감	공기온도, 바닥온도	자세무관	$Y = 0.009939X_1 + 0.129X_2 + 0.155$	0.542		24 / 30.0
10	공기온열감	공기온도	누운자세	$Y = 0.127X + 0.805$	0.377	25.2	21.2 - 29.1
11	공기온열감	공기온도	앉은자세	$Y = 0.124X + 1.02$	0.462	24.0	20.0 - 28.1
12	공기온열감	공기온도	자세무관	$Y = 0.126X + 0.936$	0.440	24.3	20.3 - 28.3
13	바닥온열감	바닥온도	누운자세	$Y = 0.126X + 0.522$	0.511	27.6	23.7 - 31.6
14	바닥온열감	바닥온도	앉은자세	$Y = 0.133X + 0.243$	0.558	28.2	24.5 - 32.0
15	바닥온열감	바닥온도	자세무관	$Y = 0.131X + 0.340$	0.539	27.9	24.1 - 31.8

표 10 나왕나무 바닥의 온열감 회귀분석

번호	종속변수	독립변수	자세	회귀식	R2	중성점	쾌적범위
1	실전체온열감	공기온도	누운자세	$Y = 0.114X + 1.569$	0.339	21.3	16.9 - 25.7
2	실전체온열감	공기온도	앉은자세	$Y = 0.115X + 1.561$	0.415	21.2	16.9 - 25.6
3	실전체온열감	공기온도	자세무관	$Y = 0.113X + 1.598$	0.391	21.3	16.8 - 25.7
4	실전체온열감	바닥온도	누운자세	$Y = 0.004898X + 4.108$	0.001	-	
5	실전체온열감	바닥온도	앉은자세	$Y = 0.007339X + 2.419$	0.158	-	
6	실전체온열감	바닥온도	자세무관	$Y = 0.5170X + 2.930$	0.083	-	
7	실전체온열감	공기온도, 바닥온도	누운자세	$Y = 0.115X_1 + 0.009283X_2 + 1.338$	0.342		21 / 26.6
8	실전체온열감	공기온도, 바닥온도	앉은자세	$Y = 0.103X_1 + 0.04304X_2 + 0.860$	0.465		21 / 22.7
9	실전체온열감	공기온도, 바닥온도	자세무관	$Y = 0.107X_1 + 0.03018X_2 + 1.050$	0.418		21 / 23.3
10	공기온열감	공기온도	누운자세	$Y = 0.133X + 1.066$	0.372	22.0	18.3 - 25.8
11	공기온열감	공기온도	앉은자세	$Y = 0.118X + 1.495$	0.448	21.2	17.0 - 25.5
12	공기온열감	공기온도	자세무관	$Y = 0.12X + 1.427$	0.414	21.4	17.3 - 25.6
13	바닥온열감	바닥온도	누운자세	$Y = 0.07146X + 2.224$	0.173	-	
14	바닥온열감	바닥온도	앉은자세	$Y = 0.09410X + 1.671$	0.357	24.7	19.4 - 30.1
15	바닥온열감	바닥온도	자세무관	$Y = 0.0883X + 1.811$	0.302	24.8	19.1 - 30.5

(11) 바닥 느낌과 공기온도 교차 분석

바닥 느낌과 공기온도와의 상관관계를 파악하기 위한 교차분석에서 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.002, 나왕나무 바닥에서 0.012로 나타나 바닥 느낌과 공기온도는 상관 관계가 거의 없는 것으로 나타났다

(12) 바닥 느낌과 바닥온도 교차 분석

바닥 느낌과 공기온도와의 상관관계를 파악하기 위한 교차분석에서 Pearson의 R 값은 콘크리트 바닥에서 0.374, 나왕나무 바닥에서 0.141로 나타나 콘크리트 바닥은 나무 바닥에 비하여 좋다 나쁘다는 느낌이 바닥의 온도에 의하여 영향을 미치는 것으로 평가되며 나왕나무 바닥에서는 깊은 관계가 없는 것으로 나타났다

4.3 온열감 회귀분석

온열감에 대한 회귀 분석을 위하여 전체 변수에 관한 상관관계를 분석하였다. 실전체 온열감에 영향을 미치는 변수로는 공기온도(Pearson의 상관계수 0.558, 이하 괄호안의 수치는 Pearson의 상관계수), 바닥온도(0.309) 바닥재료(0.210), 공기의 신선도(-0.228), 습도에 대한 느낌(-0.181) 등으로 나타났다. 가장 영향이 큰 것이 공기온도와 바닥온

도이므로 이 두 변수를 중심으로 회귀분석을 실시하였다. 공기 온열감에 관련된 변수로는 공기온도(0.645), 공기의 신선도(-0.257), 바닥온도(0.130) 등으로 나타났다. 공기 온열감은 공기온도가 가장 관련이 높은 변수이다. 바닥 온열감에 관련된 변수로는 바닥온도(0.634), 공기온도(0.208), 공기의 신선도(0.257)로 나타났다. 바닥온열감에서 바닥온도가 가장 관련성이 높은 변수이다.

표9와 표10은 바닥 재료별로 온열감을 회귀분석한 결과로서 실전체 온열감 요소는 전체를 나타냈고, 공기 온열감과 바닥 온열감은 회귀식의 신뢰도를 나타내는 R²의 값이 0.3 이상 나타난 회귀식을 위주로 정리하여 나타낸 것이다.

중성점 온도는 온열감이 4(적당하다)일 때 각 온도를 산출한 값이다. 공기온도와 바닥온도를 동시에 고려한 온열감 평가 회귀식에서 X1은 공기온도이고 X2는 바닥온도이다. 쾌적 온도 범위는 온열감이 3.5~4.5 범위의 온도를 나타낸 것이고, 공기온도와 바닥온도를 동시에 고려했을 때의 온열감 평가에서 콘크리트 바닥에서 공기온도 24℃일 경우 적정 바닥온도를 계산하였으며, 나왕나무 바닥에서는 공기온도가 21℃일 때 적정 바닥온도를 산출한 결과이다. 콘크리트 바닥 구조에서 실내 공기의 적정 온도는 24~25℃이

로 24℃를 기준으로 하여 산출하였고, 나왕나무 바닥의 경우는 실내공기의 적정온도는 21℃이므로 이를 기준으로 바닥온도를 산출하였다. 콘크리트 바닥의 경우 실전체 온열감이 쾌적한 공기온도는 25.5℃ 정도이다. 바닥온도와 공기온도를 동시에 고려했을 때 실온이 24℃이면 쾌적한 바닥의 온도는 누운 자세에서 30.9℃이고 앉은 자세에서는 26.6℃가 적당한 것으로 나타났다. 공기 온열감을 단독으로 분석하였을 경우 중성점은 누운 자세에서 25.2℃이고 쾌적범위 21.2~29.1℃로 나타났다. 앉은 자세에서 중성점은 24.0℃이고 쾌적범위는 20.0~28.1℃로 나타났다. 바닥온열감을 단독으로 분석한 경우에서 누운 자세의 중성점은 27.6℃이고 쾌적 범위 23.7~31.6℃이고, 앉은 자세에서는 중성점 28.2℃, 쾌적범위 24.5~32.0℃로 나타났다.

나왕나무 바닥의 경우에는 실전체 온열감의 중성점은 공기온도 21.3℃이다. 바닥온도와 공기온도를 동시에 고려했을 때 실온이 21℃이면 쾌적한 바닥의 온도는 누운 자세에서 26.6℃이고, 앉은 자세에서는 22.7℃가 적당한 것으로 나타났다. 공기 온열감을 단독으로 분석하였을 경우 중성점은 누운 자세에서 22.0℃이고 쾌적범위 18.3~25.8℃로 나타났다. 앉은 자세에서 중성점은 21.2℃이고 쾌적범위는 17.0~25.5℃로 나타났다. 바닥온열감을 단독으로 분석한 경우에서 누운 자세의 중성점은 24.7℃이고 쾌적 범위 19.4~30.1℃이고, 앉은 자세에서는 중성점 24.8℃, 쾌적범위 19.1~30.5℃로 나타났다.

콘크리트 바닥과 나왕나무 바닥을 상호 비교하면 공기의 온열감에서 콘크리트 바닥은 나무 바닥에 비하여 약 4℃정도 높은 온도로 유지되어야 쾌적하며 바닥의 온도는 약 4℃ 정도 높은 것으로 나타나 콘크리트 바닥의 구조는 실내 공기의 온도와 바닥의 온도가 높게 유지되어야 하는 것으로 나타났다. 콘크리트 바닥이 나무 바닥에 비하여 인체에서 많은 양의 열을 빼앗기 때문으로 판단된다.

자세별 비교에서 누운 자세와 앉은 자세에서 적정 쾌적온도는 콘크리트 바닥의 경우 30.9℃와 26.6℃로 약 4℃의 차이를 보인다. 나왕 나무 바닥의 경우 26.6℃와 22.7℃로 약 4℃의 차이를 보인다. 누운 자세에서는 바닥 구조체에 접한 면적이 넓기 때문에 공기와 달리 열 손실이 많기 때문으로 판단된다.

5. 결 론

우리나라와 같이 바닥에 앉거나 누운 자세로 생활하는 경우 바닥재료의 열특성이 온열감에 미치는 영향이 크다. 본 연구에서는 기존의 콘크리트로 바닥과 나왕나무로 바닥을 구성하여 실내 공기온도와 바닥온도를 각각 12℃에서 39℃까지 3℃ 간격으로 변경시키면서 온열감을 조사하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

- (1) 콘크리트 바닥의 경우 쾌적한 공기온도는 25.5℃ 정도이다.
- (2) 콘크리트 바닥 구조의 경우 실온이 24℃이면 쾌적한 바닥의 온도는 누운 자세에서 30.9℃이고 앉은 자세에서는 26.6℃가 적당한 것으로 나타났다.

- (3) 나왕나무 바닥의 경우 쾌적한 공기온도는 21.3℃이다.
- (4) 나왕나무 바닥의 경우 실온이 21℃이면 쾌적한 바닥의 온도는 누운 자세에서 26.6℃이고, 앉은 자세에서는 22.7℃가 적당한 것으로 나타났다.
- (5) 콘크리트 바닥과 나왕나무 바닥을 상호 비교하면 공기의 온열감에서 콘크리트 바닥은 나무 바닥에 비하여 약 4℃정도 높은 온도로 유지되어야 쾌적하며 바닥의 온도도 약 4℃ 정도 높은 것으로 나타나 콘크리트 바닥의 구조는 실내 공기의 온도와 바닥의 온도가 높게 유지되어야 하는 것으로 나타났다.
- (6) 나무 바닥구조를 가열면으로 설계할 경우, 목표 온도에 도달하는데 오랜 시간이 소요되어 사용자가 불만족할 수 있고 에너지 절약에 반할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 이언구, "온도의 열환경", 건축에너지 위원회 1990년도 특별 강연회 온돌세미나, 대한건축학회, 1990.9.14
2. 송국섭, "생활 자세와 바닥구조체의 열특성에 따른 온열감 연구", 학술진흥재단 중간보고서, 1999. 8.
3. 최영식, "바닥 난방공간에서 책상다리자세 인체의 대류 열전달에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집 11권 8호, 1995.
4. 김광우, "온도의 시대적 변천과 현황", 공기조화 냉동공학 제24권 제6호, 1995.
5. 손장영의 2인, "바닥 복사 난방의 온열환경 평가와 쾌적범위에 관한 연구(I)", 대한 건축학회 논문집 4권 3호, 1988.
6. 공성훈의 2인, "공동 주택의 온열환경 요소 분포와 인체의 자세별 온열 쾌적 조건에 관한 연구", 대한 건축학회 논문집 4권 3호 통권 17호, 1988
7. 송진복의 2인, "주거 건축의 온열환경 평가와 쾌적범위에 관한 연구", 대한 건축학회 논문집 4권 6호 통권 20호, 1988
8. 박방열, "공동주택 온열환경의 쾌적범위 설정에 관한 연구(I)", 대한 건축학회 논문집 5권 6호 통권 26호, 1989
9. 윤정숙의 1인, "온돌난방 주택의 온열환경에 관한 실험 연구", 대한건축학회 논문집 6권 2호 통권 28호, 1990
10. 윤정숙의 2인, "지역난방 아파트의 겨울철 온열환경 실태와 쾌적 범위에 관한 연구", 대한 건축학회 논문집 9권 6호 통권 56호, 1993
11. 백용규의 3인, "부분 온돌난방 공간의 온열환경 특성 및 쾌적 범위에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 10권 2호 통권64호, 1994
12. 이동주의 1인, "실험모델을 이용한 온도의 온열환경 측정 연구", 대한건축학회 학술발표 논문집, 1992. 4
13. Fanger P.O. "Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering." MacGraw-Hill, NewYork, 1970.
14. ASHARE HANDBOOK, "1997 FUNDAMENTALS", 1997.

(接受 : 1999. 11. 30)