

# 최적난방 시스템

자료제공 / 현대산업개발(주) 기술연구소

온돌난방의 가장 큰 문제점은 온돌배관 시공에 따른 크랙발생, 총공사비 증가, 에너지 낭비, 다양한 공간이용이 어렵고 구조적 부담이 증가하여 합리적이고 경제적인 구조대안 채택이 어려워 주거문화 발전에 저해요소로 작용되는 바 과거의 고정관념을 탈피하여 보다 합리적인 새로운 공동주택 난방 시스템을 개발하는데 목적이 있다.

## [1] 서론

### 1. 연구목적

우리나라의 전통적인 주거용 난방방식인 온돌은 오랜시간 동안 우리민족의 고유 생활습관을 형성하는데 큰 영향을 미쳐왔다.

재래식 주택의 경우 단열시공의 미비와 환기 손실의 과다로 인하여 실내기온보다는 평균 복사 온도를 이용하는 온돌이 에너지 절약적이고 열적으로 쾌적하고 합리적인 난방방식이었다.

그러나 현대 공동주택은 단열시공이 의무화되고 기밀한 창호구조 및 각종 에너지 설계기법이 도입되므로써 열성능이 우수하게 되어 온돌공간의 실내 환경에 있어서 평균 복사온도와 실내기온의 차이가 거의 나타나지 않아 복사난방의 의의가 감소되고 생활패턴도 좌식생활에서 입식생활로 변화가 일어나고 있다.

온돌난방의 가장 큰 문제점은 온돌배관 시공에 따른 크랙발생, 총공사비 증가, 에너지 낭비, 다양한 공간이용이 어렵고 구조적 부담이 증가

하여 합리적이고 경제적인 구조대안 채택이 어려워 주거문화 발전에 저해요소로 작용되는 바 과거의 고정관념을 탈피하여 보다 합리적인 새로운 공동주택 난방 시스템을 개발하는데 목적이 있다.

### 2. 연구내용

#### 1) 공동주택의 쾌적 온열환경 기준 설정

(1) 기존 온돌 시스템의 열환경 평가(물리적 온열환경 요소 측정, 주관적 반응조사, 에너지 소비량 평가)

(2) 공동주택의 쾌적 온열환경 기준 설정(실내기온 바닥표면온도, 평균 복사온도, 습도, 기류, 환기량, IAQ 등을 포함한 종합적인 쾌적 기준)

#### 2) 공동주택의 최적난방 시스템 대안 제시

(1) 기존 COIL 온돌, 건식온돌, 부분온돌, 수공기 방식, 전공기 방식을 포함한 각종 난방시스템에 대한 실험 연구

(2) 각종 난방 시스템에 대한 인공기후 실험실에서 성능 측정

(3) 온열환경 측면에서의 최적난방 시스템의 대안 제시

3) 공동주택 최적난방 시스템

온열환경의 쾌적성, 제어의 용이성, 에너지 이용의 합리성, 초기투자 및 유지관리의 경제성 확보

**[2] 공동주택의 난방방식 관련기준 및 기술 현황**

**1. 난방방식 관련기준 및 지침**

1) 국내의 경우

(1) 건축법 관련기준

주택의 난방설비의 설치규정과 온돌난방의 구조나 설치에 대한 규정, 기타 난방용 설계온도 조건이나 유량계, 계량계 등 설치기준 등에 대해 규정하고 있다.

① 난방방식

② 난방구획 : 난방열이 각 세대에 균등하게 공급

- 4층 이상 10층 이하 : 2개소 이상

- 10층 이상 : 5개층마다 1개소 이상 추가

③ 바닥난방 구조

- 마감층 : 건축법상 명확한 시방기준(20~50 mm)이 없다.

- 축열층 두께 : 40mm 이상 70mm 이하(재료의 성능, 사용량 등에 대한 구분이 명확하지 않다)

- 단열층

· 건축법 : 열관류율 1.163w/m<sup>2</sup>k 이하로 하거나 20mm 이상의 단열재 시공

· 기타 : 열관류율 1.0w/m<sup>2</sup>k 이하 또는 형식승인을 얻은 20mm 이상의 단열재로서 내열성, 내구성 및 상부의 적재하중에 버틸 수 있는 강도를 가진 것(최하층 거실의 바닥, 외기에 접하는 바닥은 제외)

- 바탕층 : 두께 30mm 이상의 콘크리트(건축법)

- 방열관 : 지름 - 15mm 이상

배관간격 - 150mm 이상 300mm 이하

배관길이 : 50m 이하

2) 국외의 난방관련 기준

(1) 일본의 경우

성능기준 : 바닥난방공업협회의 지침 / BL(Better Living) 인정제도(바닥난방 시스템은 주로 조립식 패널방식)

① 품질 및 성능

- 안정성 : 하중, 열, 물, 기름, 내누설성, 절연성

- 내구성 : 바닥난방유니트-15년 이상 사용 가능

제어기기-10년 이상 사용 가능

- 가능성

· 쾌적성(온열환경, 소음진동)

· 제어성

· 신축

· 바닥 하부로의 방열

· 바닥 마감재의 교환

· 유지관리성

- 시공성

· 바닥난방 유니트의 설치

· 마감

· 바닥난방 유니트의 고정

· 줄눈처리

· 바닥마감재의 부착

(2) 독일 기준

DIN 4725(온수식 바닥난방 시스템에 관한 성능평가 및 설치기준)

난방의 성능평가 및 설계 기준

바닥구조의 단열이나 충격음 기준

난방배관 및 조절기에 관한 기준

① 단열층 : 바닥 구조체의 열적 조건에 따라 단열성능 확보

- 외주부에는 몰탈의 열적 팽창을 흡수할 수 있도록 최소 5mm 이상 단열띠 설치

- 단열층 설치후 액상의 몰탈에 의해 단열재의 단열성능이 영향을 받지 않도록 0.15mm 이상의 폴리에틸렌 필름 설치

<표 1> 단열층의 최소열저항 기준

항목	난방공간	지하실	최소외기 온도0℃	최소외기 온도-5℃	최소외기 온도-15℃	마감재의 열전도저항(m <sup>2</sup> ·K/W)
열저항 (m <sup>2</sup> K/W)	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	≤0.15
	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	>0.15

② 마감층

- 28일 압축강도 20MPa 이상
- 최소 30mm 이상
- 배관재를 둘러싸고 있는 콘크리트(몰탈)는 60℃ 이하

③ 배관재

- 50년 이상 수명 확보
- 몰탈에 첨가되는 혼화재에 무해성
- 배관경에 따른 배관재질의 최소두께 확보
- 산소투과성이 있는 플라스틱 배관재(X-L, PP-C 등)는 40℃ 온수조건에서 산소투과율 0.1g/m<sup>2</sup> 이하(난방설비 및 온수순환 계통에 부식의 원인을 제공할 수 있다)

④ 기타 : 실내 기온 및 바닥 표면온도

(3) 미국 ASHREA 기준

- ① 설계단계에서 쾌적감에 대하여 주의를 요구하며 바닥표면온도 29℃ 이하

**2. 국내외 난방설비 기술개발 현황**

1) 국내의 기술현황

(1) 온수온돌 난방

바닥의 경량화 및 구조체의 두께가 감소됨에 따라 바닥의 차음성능이 낮아지고 있어 쾌적한 주거환경을 저해하는 요소로 작용

(2) 조립식 난방방식

80년대 중반 이후 보급된 조립식 바닥난방 기

구는 일본의 경량 비축열형 바닥패널을 응용한 것으로 주로 간헐난방에 의한 축열식 난방운전을 하는 국내 여건에는 불합리

2) 국외 기술개발 현황

외국의 경우 : 중앙공조식, 수·공기 방식이 주종을 이루고 있다.

① 일본 : 전기식 온돌 시스템이 주종

② 독일 : 1980년 이후 바닥 복사난방의 급격한 증가 추세이며 신축주택의 1/3이 바닥 복사난방 채택

바닥 복사난방-대부분 공조설비와 중복되어 난방보다는 실내의 쾌적성 향상을 목적으로 아주 고급개념으로 시공

**3. 온돌의 열환경**

1) 특성 : 원래 기온보다 높은 평균 복사온도의 영향을 이용하여 건축의 구조적 취약성을 극복

2) 평균복사온도(MRT, Mean Radiant Temperature)란

① 정의 : 실제의 환경과 같은 조건에서의 인체와 복사에 의한 열을 교환하는 가상흑체공간의 균일한 표면온도

\* 표면의 방사율(Emissivity)과 각률(Angle Factor)에 따라 가중하여 계산한 인체를 둘러싸고 있는 주변공간의 표면온도

② 재래식 주택

단열시공이 미비하고 창호가 허술(벽체를 통한 틈새바람)하여 열손실이 과다 발생, 또한 주거문화의 좌식생활로 바닥면을 뜨겁게 가열하여 평균복사온도를 기온보다 높게 유지

③ 현대 공동주택

(특히 1980년대 이후) 외벽면적이 극소화된 단열시공의 강화, 기밀한 창호구조와 층고저하(에너지 절약, 층고저하)로 열성능이 매우 우수하다. 따라서 평균복사온도와 실내기온의 차이가 거의 없으며 주거생활도 좌식에서 입식으로 변

화중

3) 온돌의 열환경 실태조사

(1) 온돌공간의 실내 수직온도 분포

① 바닥표면에서 약 15cm 이상 상부는 거의 일정한 온도유지

② 신체 상하부에 같은 온열감을 제공하여 난방효과가 부드럽다.

③ 대류난방에 비해 실내기온을 낮게 유지해 관류 열손실량이 줄어든다.

④ 바닥면지가 대류에 의해 상승하지 않는다.

(2) 기존 공동주택 온수온돌의 평균 기온

① 실내기온 : 평균 23.2℃(ASHRAE 쾌적범위 : 20.1~23.5℃)

② 바닥표면온도 : 평균 28.3℃(실온과 바닥온도의 차이는 평균 6℃ 정도)

(3) 온돌의 평균복사온도 : 평균값 23.8℃(실온보다 0.6℃ 높다)

실온과 거의 유사한 형태로 변화

4) 온돌의 쾌적환경 범위

(1) 실내기온 : 20.1~23.5℃(ASHRAE 기준 적용)

(2) 바닥표면온도 권장 온도 : 28℃ → 실온 22℃

입주자가 원하는 온도 : 31℃ → 실온 25℃

4. 소결

1) 온돌은 평균복사 온도의 영향을 고려한 복사난방 방식

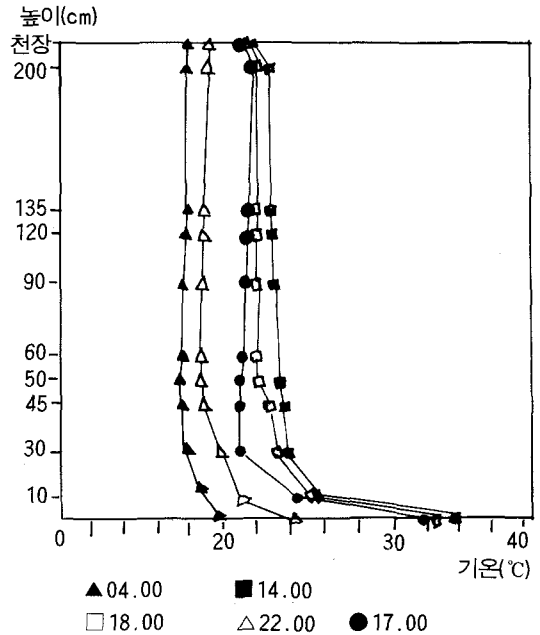
2) 현대의 공동주택은 실내기온과 평균복사온도의 차가 거의 없다.

3) 실내기온 상하분포는 거의 일정하며 평균 23.2℃ 유지

4) 바닥표면온도는 실온보다 평균 6℃ 정도 높다.

5) 재실자가 원하는 쾌적범위는

실내기온 : 21.1~23.5℃(ASHRAE 기준과 거의 일치),



<그림 1> 온돌공간의 실내 수직 온도 분포

바닥표면온도 : 평균 약 31℃

6) 기존 온돌난방 방식으로는 실내기온과 바닥표면 온도를 동시에 쾌적하게 유지하기는 불가능

7) 고단열 고기밀화된 현대의 공동주택에서 온돌은 좌식생활에 적합한 저온 바닥판넬 난방방식이 적합

입식주거에서는 바닥난방 방식보다 오히려 대류난방 또는 벽체에 설치한 저온 복사 판넬방식

1. 기존 공동주택의

실내기온 일평균 : 23℃ 이상(78.5%)

바닥표면온도 일평균 : 29℃ 이상(65%)

바닥표면온도 최대온도 : 33℃ 이상(85%)

\* 실내기온과 바닥표면온도 차이(ΔT : 5~6℃)

2. 공동주택의 재실자가 원하는

평균 실내온도 : 22℃

## 최적난방 시스템

〈표 2〉 온돌난방 시스템 관련 국내·외 기준(지침) 검토

항목	국가 국내기준(지침) 건축법	주공지침	일 본 床援房協會指針	독 일 DIN 4725	ASHRAE System Handbook	공기조화 위생편람
배관 상부 피복 두께	-	24mm	-	310mm 이상	40~100mm	외경의 1.5배 이상
축열층 두께	40~70mm	70mm	-	-	-	-
배관 경	15mm 이상	-	-	-	-	9~20mm
배관 간격	150~300mm	용도별 200, 230, 250mm 개시	-	-	152~457mm	-
1개존 길이	50m 이하	50m 이하	-	△T : 5K이하	30m <sup>2</sup>	50m 이하
단 열 재	최하층 0.58W/m <sup>2</sup> K 중간층 (개별난방시) 1.16W/m <sup>2</sup> K	건축법 적용	지역별 단열기준 적용	최하층 1.15~2.5m <sup>2</sup> K/W 중간층 0.75~1.0m <sup>2</sup> K/W	-	-
유 속	-	1.5m/s 이하	0.5~5LPM	주거용 0.7m/s 업무용 1.0m/s	0.46m/s이상	-
온수공급 온 도	-	개별난방 60℃~50℃ 중앙난방 70℃~60℃ 지역난방 60℃~45℃	-	50℃ 이하	-	-
바닥표면 온 도	-	-	30℃ 이하	29℃ 이하	29.4℃ 이하	-
스크리드의 신축조인트	-	-	-	길이: 8m 넓이: 40m <sup>2</sup> 이내	-	-
기 타	-	-	-	외주부에 5mm 이상 의 단열띠 설치	-	-

평균 바닥표면온도 : 31℃

### 3. 기존 온돌에서의 쾌적환경 범위

평균 실내기온 : 22℃

평균 바닥표면온도 : 28℃

### [3] 공동주택의 주거반응 및 공간이용 실태 조사

#### 1. 개요

조사지역 : 서울 및 수도권내 공동주택

조사기간 : 3월 초순(외기온 : 일평균 3.6℃)

조사내용 : 주관적 반응조사(개인사항, 생활패턴, 실내 쾌적감, 온열감 등)와 공간이용 실태조사(각 용도별 가구의 바닥 점유율 및 종류별 점유 분포)에서 32PY 이하 86%(평균면적 25.4

PY), 착의량 0.4~0.7clo로 매우 적은 편으로 단독주택이나 외국의 사례에 비해 착의량이 훨씬 적다. 이는 에너지의 소비가 과다하게 이루어지고 있음을 반증하고 있다.

**2. 생활습관**

조사대상 아파트에서 소파 사용 26%, 책상사용 30%, 식탁사용 41%, 침대사용 79%로 입식과 좌식을 혼용하고 있고 침실에서는 전반적으로 입식에 더 가까운 생활을 하고 있다. 또한 카페트의 사용은 53%로 주로 실내 분위기를 위해 사용

**3. 설비 특성**

- 1) 보일러 : 중앙난방 69%, 개별난방 31%(간헐난방으로 실내과열로 인한 에너지 낭비와 실내온도 제어가 어려움)
- 2) 가습기 : 보유세대 42%(실내의 건조함과 건강상 사용, 온돌난방의 단점인 낮은 습도 보완)
- 3) 냉방 : 에어컨 사용 19%(응답자의 51.7%는 구입을 원함, 냉방수요는 계속 증가)

**4. 공동주택의 공간이용 실태조사**

1) 개요

조사대상 101개소, 35PY 이하 87%, 평균면적 29.1PY

2) 전체면적에 대한 가구 점유율 분포

실 종류	평 균
안 방	29%
작은방(1), (2)	34%
거 실	25%
평 균	29%

**5. 소결**

1) 공동주택에서 중간기(한겨울→봄 사이)의 실내 온열환경은 더운 편이나 거주자들이 착의량(0.4~0.7clo)을 매우 적게 입고 생활하여 만족하고 있다.

2) 거주형태는 입식과 좌식을 혼용하고 있고

침실에서는 79% 침대를 사용하고 있다.

3) 난방이 과도하게 공급되어 상대습도의 강하(가습기 설치세대 42%)로 건강상 습도조절이 필요하며 냉방에 대한 수요가 급증하고 있음

4) 가구 점유율은 평균 약 29%

5) 침대의 사용비중이 높고(안방 35%, 작은방 40%, 기타) 거실에서 응접세트 사용 비중(63%)이 높다.

\* 기존 온수온돌 방식은 과열현상으로 불필요한 에너지가 소비되고 공간이용 실태조사 결과 좌식에서 입식생활로 변해가고 있으며 침대 및 가구의 사용에 따른 적절한 난방 조닝 방식이 필요하다.

**[4] 공동주택의 난방방식 열성능 측정실험**

**1. 개요**

1) 난방방식 검토안 : 6가지 난방방식(기존 온수온돌, 이원화 난방, 부분난방, 방열기, 건식 전기패널, F.C.U)

2) 실온 설정온도 : 22±1℃

3) 측정요소 : 실내기온, 외기온, 바닥표면온도, 상대습도, 기류속도, 에너지 소비량

4) 측정기간 : 95년 12월 4일~12월 14일  
97년 1월 4일~2월 17일

(1) 실험모델

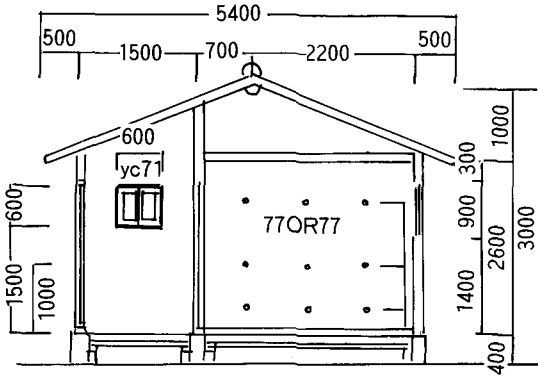
① 중앙대학교 공학관 옥상 스라브에 실험모델을 제작.

실험모델은 전실, 기준실, 실험실로 구분, 거실은 남향, 벽체 및 지붕은 100mm 단열판넬을 사용한 조립식 벽체

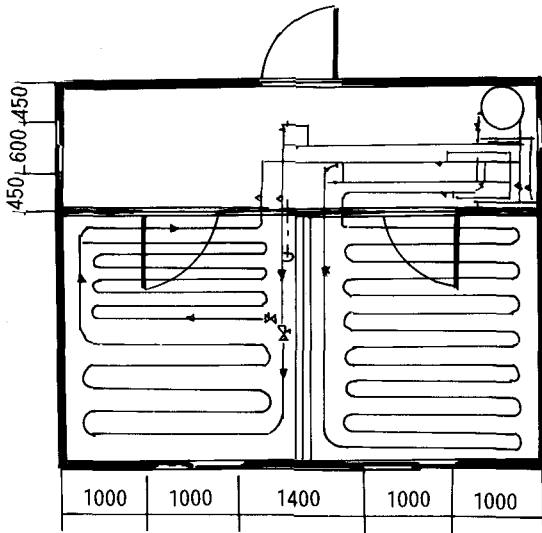
② 난방설비

- 열원 : 전기보일러 : 1032kcal/h 항온조 설치  
설정온도 ±1℃ 제어가능

- 온수온돌 방식 : X-L Pipe 15A



〈그림 2〉 기준실 단면도



〈그림 3〉 온수배관 평면도

COIL 간격(기준실 : 200mm, 실험실 : 1509mm, 270mm)

- 방열기 방식 : 규격 600×50×45mm, 방열능력 1180kcal/h 2대

- F.C.U 방식 : 온수공급 온도 60℃일 때

· 난방능력 : 3,650kcal/h

· 수량 : 8.3 l/min 1대

- 전기온돌 판넬 방식 : 소비전력 240w/h, 방열능력 100kcal/m<sup>2</sup>, 크기 1700×850×15mm, 1700×400×15mm

③ 기타 설비 : 실험시 제어의 정밀성을 위해  
- 항온조에 의한 공급 온수온도 제어  
- Two-way 밸브를 이용한 비례제어로 공급유량 제어

- 온도조절기를 이용한 실내 온도제어

## 2. 실내 온열환경 측정 실험

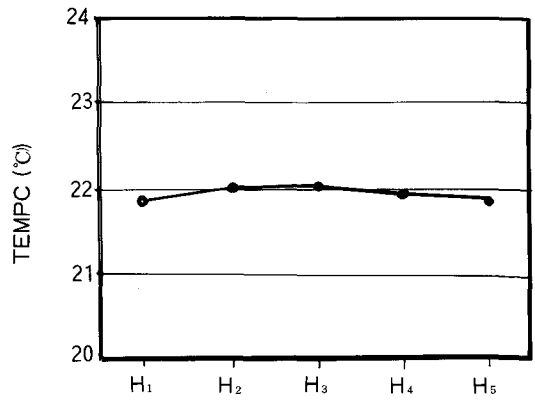
1) 실내 온열환경 예비 실험

2) 각 난방 방식별 온열환경 측정 실험

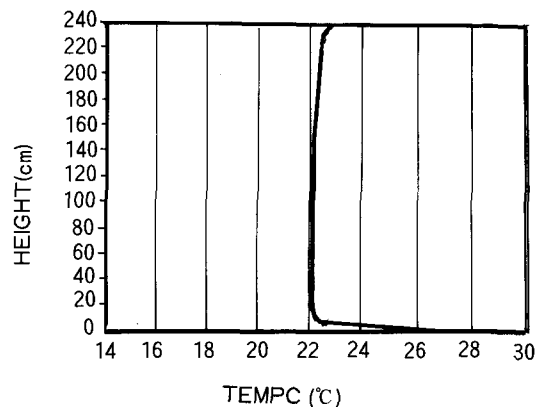
기준 : 실온 22℃ ± 1℃

(1) 기존 온수온돌

실온 22℃ 유지시 바닥표면온도 27.8℃(OT 약 6℃), 바닥면 5cm 이하 급격히 온도 상승



수평온도분포



수직온도분포

최적난방 시스템

비 고	외기온	기존 온수온돌 난방				
		배관위 바닥온도	배관사이 바닥온도	실내기온	평균 바닥온도	평균바닥온도와 실내기온 차
평균	-1.0	29.6	27.4	21.6	28.5	6.9
최 고	11.7	31.0	28.9	24.5	29.95	5.4
최 저	-8.2	25.7	25.7	19.0	26.35	7.3
변화폭	13.5	3.2	3.2	5.5	3.6	

기류속도 0.01m/sec로 대류에 의한 열전달보다 대부분 복사에 의해 열전달이 이루어짐, 상대 습도 20% 미만

(2) 방열기 난방

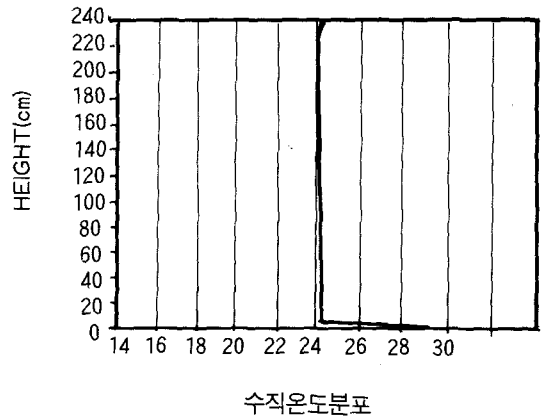
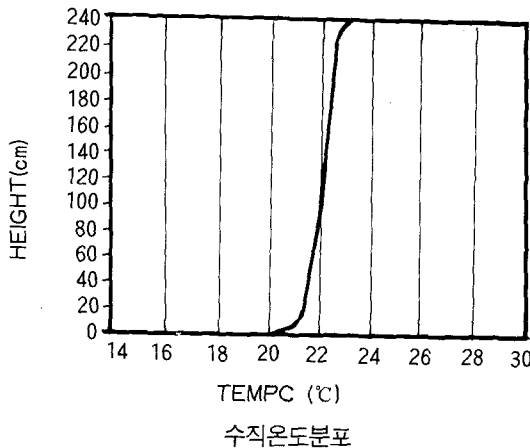
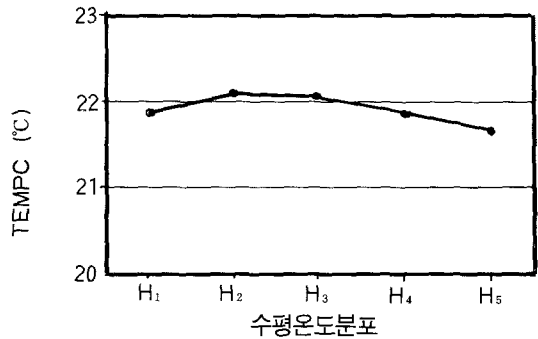
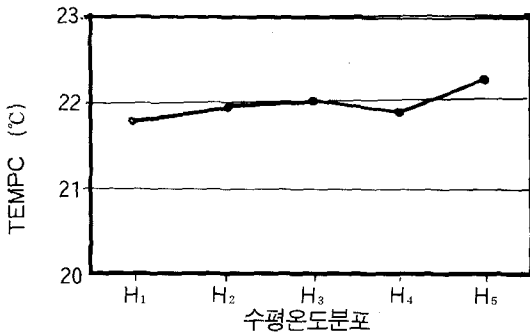
천장면에서 바닥면으로 내려갈수록 실온이 약간 감소

바닥온도 변화 : 온수온돌이 높고, 방열기는 낮다.  
실내온도 변화 : 온수온돌이 비슷하다.

비 고	외기온	방열기 난방방식		
		바닥온도	실내온도	바닥과 실내기온차
평균	1.5	18.7	22.5	-3.8
최 고	17.8	20.9	26.5	-5.6
최 저	-6.1	16.7	19.6	-2.9
변화폭	23.9	4.3	6.9	

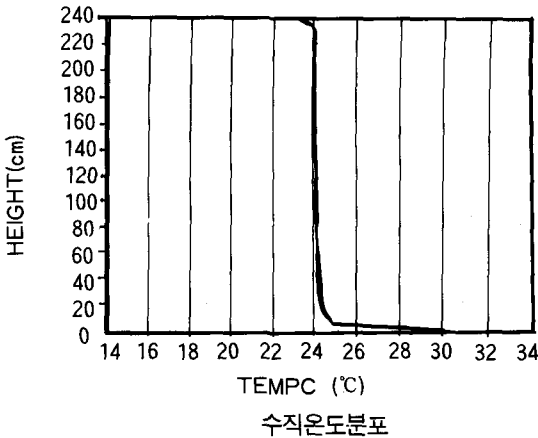
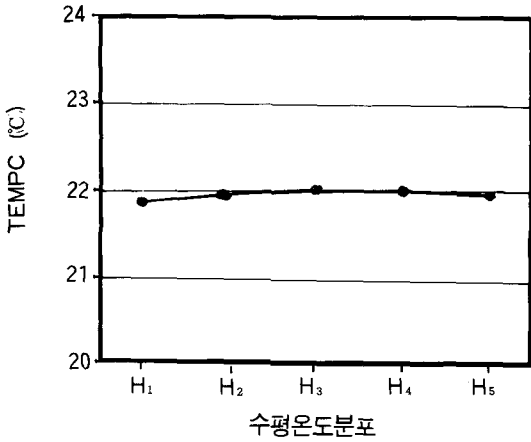
(3) 부분난방

방의 약 절반 면적을 집중난방(코일 간격 150mm)





(4) 이원화 난방 : 아랫목(코일 간격 150mm)  
윗목(코일 간격 270mm)



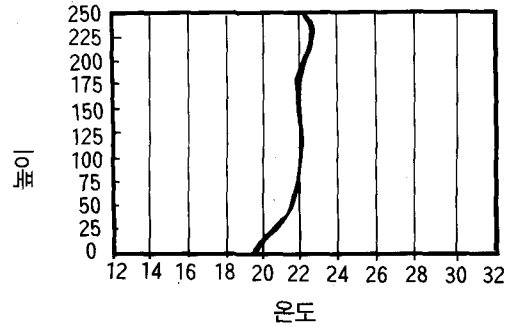
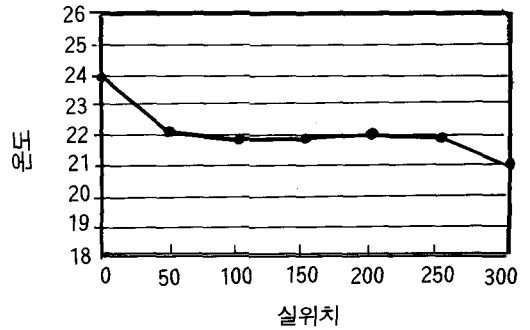
<표 6> 이원화 난방의 실내기온 및 바닥온도

비 고	외기온	이원화 난방				
		윗목 바닥온도	아랫목 바닥온도	실내 기온	평균바닥 온도	평균바닥온도와 실내기온차
평 균	1.5	28.9	29.4	22.2	29.15	6.9
최 고	17.8	30.9	32.7	24.9	31.8	6.9
최 저	-6.1	25.6	25.1	18.8	25.35	6.9
변화폭	23.9	5.3	7.6	6.1	6.45	

(5) F.C.U

강제대류 난방방식으로 방열기 난방과 비슷한

실내온도 분포(바닥에서 25m<sup>2</sup> 이하의 부분에서  
20℃ 이하로 급격히 하강)



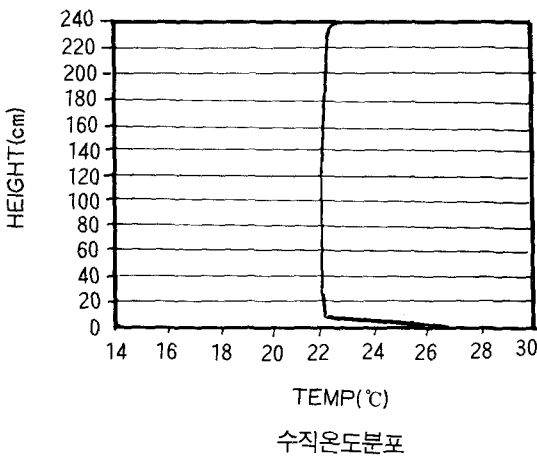
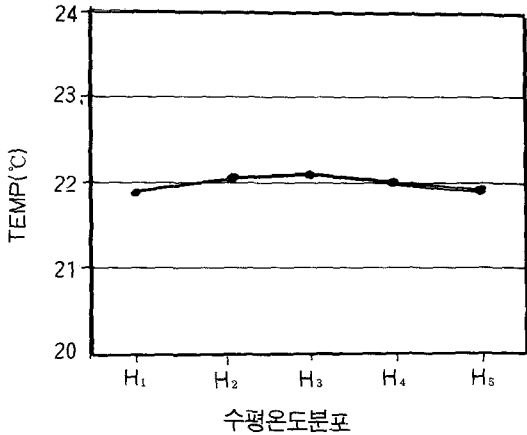
<표 7> 팬코일 유닛 난방의 실내기온 및 바닥온도

비 고	외기온	팬코일 유닛 난방방식		
		바닥온도	실내기온	바닥과 실내기온차
평 균	-1.7	17.5	20.9	3.4
최 고	11.3	19.9	24.7	4.8
최 저	-12.01	15.1	17.4	2.3
변화폭	23.3	4.8	7.3	

(6) 전기온돌 판넬

<표 8> 전기온돌 패널난방의 실내기온 및 바닥온도

비 고	외기온	팬코일 유닛 난방방식		
		바닥온도	실내기온	바닥과 실내기온차
평 균	-1.0	31	22.7	8.3
최 고	11.7	41.5	24.7	16.8
최 저	-8.2	23.2	21.1	2.2
변화폭	19.9	18.3	3.6	



3. 에너지 소비량 측정실험

실내기온 22°C 기준

<표 9> 측정실험 개요

실험내용	기 간	실험 난방방식		기준온도 설정온도	측정요소
		기준실	실험실		
에너지 소비량 측정	97. 1/5-1/17(13) 97. 1/21-2/2(13) 97. 2/5-2/1(13)	온수온돌	건식전기패널 팬코일유닛 방열기	22°C	온수공급 열량 전기사용량

1) 측정방법

(1) 제어방법

- ① 항온조에 의한 난방 온수온도 제어 및
- ② Two-way 밸브를 이용한 비례제어 방식으

로 유량제어

③ 전기온돌의 경우 3극 상투접점식 온도 조절기 사용 on/off 제어

④ F.C.U의 경우 Two-way 밸브를 이용한 유량 제어 및 온도조절기를 이용한 팬의 on/off 제어

(2) 에너지 소비량 측정

유체 : 적산열량계(유량계)

전기 : 적산전력계

2) 에너지 소비량 측정 결과

(1) 기존 온수온돌 난방과 전기온돌 패널 난방

<표 10> 기존 온수온돌 난방과 전기온돌 패널 난방의 실내기온 및 바닥온도

비 고	외기온	기존 온수온돌 난방		전기패널 시스템	
		실내기온	평균바닥온도	바닥온도	실내기온
평 균	-1.0	21.6	28.5	31	22.7
최 대	11.7	24.5	29.95	41.5	24.7
최 소	-8.2	19.0	26.35	23.3	21.1
변화폭	13.5	5.5	3.6	18.3	3.6

<표 11> 기존 온수온돌과 전기온돌 패널의 에너지 소비량

구 분	기존 온수온돌 난방	전기온돌 패널 난방
에너지 소비량	202.5Kwh	101.7Kwh

(2) 기존 온수온돌 난방과 F.C.U 난방

<표 12> 기존 온수온돌 난방과 팬코일 유닛 난방의 실내기온과 바닥온도

비 고	외기온	기존 온수온돌 난방		팬코일 유닛 난방방식	
		실내기온	평균바닥온도	바닥온도	실내기온
평 균	-1.0	21.6	28.5	17.5	20.9
최 대	11.7	24.5	29.95	19.9	24.7
최 소	-8.2	19.0	26.35	15.1	17.4
변화폭	13.5	5.5	3.6	4.8	7.3

<표 13> 기존 온수온돌과 팬코일 유닛난방의 에너지 소비량

구 분	기존 온수온돌 난방	팬코일 유닛 난방
에너지 소비량	189Kwh	102.3Kwh

(3) 방열기 난방과 이원화 난방

<표 14> 이원화 난방과 방열기 난방의 실내 기온 및 바닥 온도

비 고	외기온	이원화 난방				방열기방열방식	
		윗목 바닥온도	아랫목 바닥온도	실내 기온	평균바닥 온도	바닥 온도	실내 기온
평균	1.5	28.9	29.4	22.2	29.15	18.7	22.5
최 대	17.8	30.9	32.7	24.9	31.8	20.9	26.5
최 소	-6.1	25.6	25.1	18.8	25.35	16.7	19.6
변화폭	23.9	7.6	7.6	6.1	6.45	4.3	6.9

<표 15> 기존 온수온돌과 전기온돌 패널의 에너지 소비량

구 분	방열기 난방	이원화 난방
에너지 소비량	77.5Kwh	134Kwh

3) 각 난방방식별 에너지 소비량 비교 분석  
실험조건이 달라 각 실험에서 나타난 온수온돌 난방방식의 에너지 소비량을 100으로 기준 온수온돌 난방 연속난방 기준

4. 소결

1) 기존 온수온돌, 부분난방, 이원화 난방, 전기온돌 패널방식은 바닥 복사 난방방식의 온도 분포로 수평 및 수직온도 분포가 거의 유사한 형태 방열기 난방과 F.C.U의 경우 대류복사 난방의 온도분포로 거의 유사한 형태

2) 실내기온 분포

전기온돌 패널방식 : 21.4℃~24℃로 쾌적범위를 가장 만족

방열기 난방 : 기존 난방과 비슷한 분포

F.C.U : 다른 방식에 비해 불리

3) 바닥온도 분포

기존 온수온돌 : 26.3℃~29.9℃- 가장 양호(공급 온수온도 45℃로 공급했음, 60℃로 공급할 경우 과열 예상)

전기온돌 패널 방식 : 10℃ 이상 순간온도의 급격한 변화

방열기 난방 : 실내 기온보다 3.8℃ 낮은 온도로 실내기온 분포와 유사

F.C.U : 바닥온도 17.8℃ 정도의 온도 분포

4) 에너지 소비량

기존 온수온돌을 100으로 기준할 경우

전기온돌 패널 방식 50.2%

F.C.U 54.2%

방열기 난방 57.8%

[5] 난방 방식별 주관적 반응 조사

1. 개요

1) 조사개요

6가지 난방방식에 대해

변수로는 실온을 ①18℃ ②20℃ ③22℃ ④24℃를 각각 유지하며 측정요소로는 ①실내기온 ②외기온 ③바닥표면온도 ④상대습도 ⑤기류속도 ⑥피험자의 주관적 반응 설문조사를 측정

2) 조사 및 분석방법

(1) 주관적 반응조사 요소

(2) 물리적 온열환경 측정방법

(3) 주관적 반응조사

(4) 주관적 반응조사 분석내용

2. 주관적 반응조사 및 실내 온열환경 분석

1) 피험자 일반적 특성

(1) 성별 : 여성 48%

(2) 열환경에 대한 적응력

(3) 착의량 0.7~1.1 clo, 평균 1.12clo, 60% 이하가 0.9 clo 착의량

2) 각 난방방식별 쾌적 온열환경

각 난방방식별 온열환경 및 주관적 반응조사 분석

(1) 기존 온수온돌 난방방식

①신체부위별 온열감 : 몸통(r=0.51), 발(r=0.491), 얼굴(r=0.24)

물리적 변수 : 실내온도( $r=0.48$ ), 바닥온도( $r=0.46$ )

나이가 많을수록 높은 온도 선호

② 온돌난방에서 가장 선호하는(쾌적하게 느끼는) 실내기온 : 22~23℃

③ 온돌난방에서 가장 선호하는(쾌적하게 느끼는) 바닥표면온도 : 24~28℃

이는 기존 국내 연구결과(25~35.9℃)의 하한 값에 해당되고 외국기준 29℃ 이하와 일치하는 것으로 주거생활이 좌식에서 입식생활로 변화함에 따라 바닥온도 범위가 낮아지고 바닥온도보다는 실내온도가 더 중요한 온열환경(열적 쾌적감) 요소가 된다.

(2) 방열기 난방방식

입식을 전제로 바닥에는 카펫트를 깔았다.

① 환경요인들과의 상관관계

물리적 변수 : 실내기온( $r=0.62$ ) > 바닥온도( $r=0.48$ )

개인적 변수 : 실내기온의 온열감( $r=0.62$ ) > 바닥온도의 온열감( $r=0.44$ ) > 나이( $r=0.36$ )

② 방열기 난방에서 가장 선호하는 실내기온 : 18~21℃

③ 방열기 난방에서 가장 선호하는 바닥표면온도 : 18~19℃(바닥에 카펫트를 깔았기 때문에 바닥표면 온도가 20℃ 이하로 떨어져도 차다고 느끼지 않았다)

(3) 부분난방 방식

① 환경요인들과의 상관관계

물리적 변수 : 실내기온( $r=0.57$ ) > 윗목 바닥온도( $r=0.42$ ) > 아랫목 바닥온도( $r=0.35$ )

② 부분난방에서 가장 선호하는 실내기온 : 20~24℃

③ 부분난방에서 가장 선호하는 바닥표면온도 : 26~31℃

(4) 이원화 난방방식

① 바닥표면온도(아랫목  $r=0.59$ , 윗목  $r=0.55$ ) > 실내기온( $r=0.56$ )

② 이원화 난방에서 가장 선호하는 실내기온 : 20~23℃(부분난방과 유사)

③ 이원화 난방에서 가장 선호하는 바닥표면온도 : 25~30℃, 28℃에서 가장 선호(약간 높은 온도)

(5) F.C.U 방식

① 환경요인들과의 상관관계

실내기온( $r=0.64$ ) > 바닥표면온도( $r=0.52$ ) > 실내기온에 대한 반응( $r=0.52$ ) > 바닥에 대한 반응( $r=0.28$ )

② F.C.U 방식에서 가장 선호하는 실내기온 : 10~23℃, 부분난방과 유사하며 이는 공조방식에서 겨울철 실내 쾌적기온인 20~23℃(ASHRAE)와 거의 일치

③ F.C.U 방식에서 가장 선호하는 바닥표면온도 : 15~19℃

(6) 전기온돌 판넬 난방방식

① 환경요인들과의 상관관계 : 실내기온( $r=0.7$ ) > 바닥온도( $r=0.53$ )

② 전기온돌 판넬 난방방식에서 가장 선호하는 실내기온 : 20~23℃

③ 전기온돌 난방방식에서 가장 선호하는 바닥표면온도 : 22~30℃

3. 난방방식에 따른 실내 쾌적 예측 모델

1) 난방방식에 따른 실내 쾌적 온도

중요 온열환경 요소 : 실내온도, 바닥온도

(1) 기존 온수온돌 난방방식

① 쾌적 실내기온

<표 16> 기존 온수온돌의 쾌적 실내기온

구분	실내기온에 대한	쾌적	
	쾌적예측 회귀방정식	실내기온	실내기온범위
기존온수 온돌난방	쾌적감 = $1.020627 \times \text{실온} - 4.77843$ ( $R^2=0.23$ )	23.1℃	20.7~25.5℃

② 쾌적 바닥온도

<표 17> 기존 온수온도의 쾌적 바닥온도

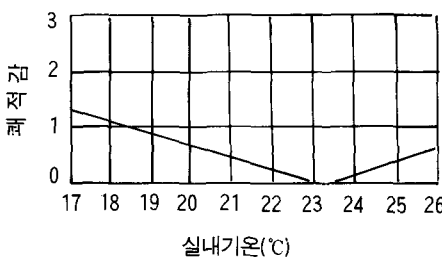
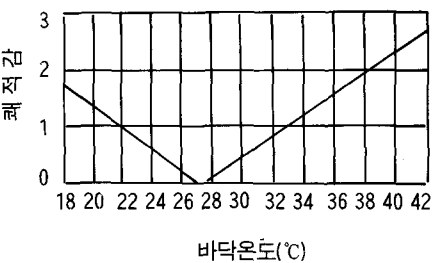
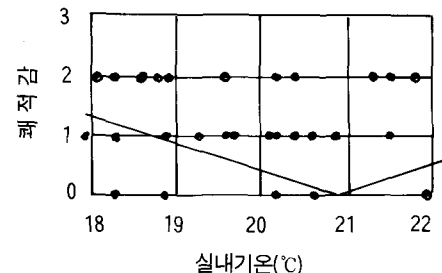
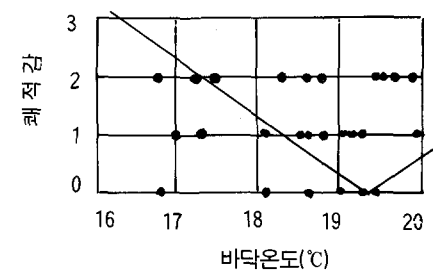
구분	바닥온도에 대한 쾌적예측 회귀방정식	쾌적바닥온도	쾌적바닥온도 범위
기존 온수 온물난방	쾌적감=1 0.18488×실온-5.05739 1 (R <sup>2</sup> =0.21)	27.3℃	24.6~30.0℃

**재래식 주택의 경우 단일시공의 미비와 환기손실의 과다로 인하여 실내기온보다는 평균 복사온도를 이용하는 온물이 에너지 절약적이고 열적으로 쾌적하고 합리적인 난방방식이였다.**

③ 방열기 난방방식

2) 각 난방방식의 쾌적 범위

<표 18> 난방방식에 따른 쾌적범위

난방방식	쾌적대	
	실내기온	바닥표면온도
기존온물	(20.7~25.5℃) 23.1℃	(24.6~30℃) 27.3℃
	온물(실내기온) 쾌적감=0.20627 실온-4.7784(R=0.48) 	온물(바닥온도) 쾌적감=0.18488 바닥온도-5.05739 
방열기	(19.7~21.9℃) 20.8℃	(18.8~19.8℃) 19.3℃
	방열기(실내온도) 쾌적감=0.45998×실온-9.59929(R=0.62) 	방열기(바닥온도) 쾌적감=0.97872 바닥온도-8.93(R=0.48) 

최적난방 시스템

난방방식	쾌적대	
	실내기온	바닥표면온도
부분난방	(20.4-22.9℃) 21.7℃	(23.6-31.2℃) 27.4℃
	부분난방(실내기온) 쾌적감 = $0.4037 \times \text{실온} - 8.76814$ (R = 0.57)	부분난방(바닥온도) 쾌적감 = $0.13349 \times \text{바닥온도} - 3.6612$ (R = 0.35)
이원화 난방	(20.8-23.2℃) 21.3℃	(15.1-19.8℃) 17.4℃
	이원화난방(실내기온) 쾌적감 = $0.40689 \times \text{실온} - 9.00034$ (R = 0.56)	이원화난방(바닥온도) 쾌적감 = $0.328 \times \text{바닥온도} - 9.23684$ (R = 0.63)
팬코일	(19.5-23.2℃) 21.3℃	(15.1-19.8℃) 17.4℃
	팬코일(실내기온) 쾌적감 = $0.26997 \times \text{실온} - 5.76902$ (R = 0.64)	팬코일(바닥온도) 쾌적감 = $0.21249 \times \text{바닥온도} - 6.71311$ (R = 0.52)

## 최적난방 시스템

난방방식	쾌적대	
	실내기온	바닥표면온도
	(19.6℃-23℃) 21.3℃	(22.4-28.9℃) 25.6℃
전기온돌패널	<p>전기패널(실내기온) 쾌적감 = 0.29941 × 실온 - 6.39028 (R = 0.70)</p> <p style="text-align: center;">실내기온(℃)</p>	<p>전기패널(바닥온도) 쾌적감 = 0.1531 바닥온도 - 3.9348 (R = 0.53)</p> <p style="text-align: center;">바닥온도(℃)</p>

### 4. 소결

1) 쾌적감에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 실내기온이다.

2) 피험자들이 쾌적하다고 응답한 실내기온

시스템	쾌적실내기온	쾌적 범위
온수온돌난방	23.1℃	20.7~25.5℃
방열기난방	20.8℃	19.7~21.9℃
부분난방	21.7℃	20.4~22.9℃
이원화난방	22.1℃	20.8~23.3℃
팬코일유닛난방	21.7℃	20.4~22.9℃
전기온돌패널난방	22.1℃	20.8~23.3℃

3) 피험자들이 쾌적하다고 응답한 바닥표면온도

시스템	쾌적바닥온도	쾌적 범위
온수온돌난방	27.3℃	24.6~30.0℃
방열기난방	19.3℃	18.8~19.3℃
부분난방	27.4℃	23.6~31.1℃
이원화난방	28.1℃	26.6~29.6℃
팬코일유닛난방	17.4℃	15.1~19.8℃
전기온돌패널난방	25.6℃	22.4~28.9℃

4) 각 난방방식에 따른 쾌적온도 분포는

(1) 부분난방, 이원화 난방, F.C.U 난방, 전기

온돌 패널 난방은 거의 유사

(2) 방열기의 경우 약간 낮은 온도분포

(3) 온수온돌 난방의 경우 약간 높은 온도 분포

5) 실내기온 쾌적한 난방방식

F.C.U > 전기온돌 패널 > 기존 온수온돌 > 부분난방 방열기 방식을 제외하고는 비슷한 선호도

### [6] 난방방식별 경제성 분석

#### 1. 개요

32PY 단위평면을 기본으로 각 난방방식에 대한 경제성 비교

#### 2. 각 난방방식별 초기 투자비

1) 기존 온수온돌

(1) 개요

개별 가스보일러(16,000kcal/hr)

코일 : 동관 M형 15A

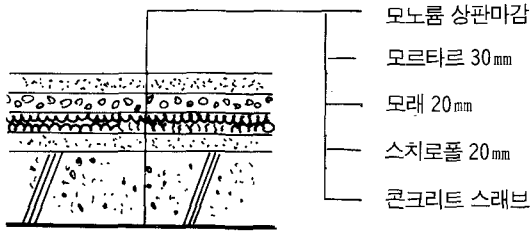
2) 방열기 방식

(1) 개요

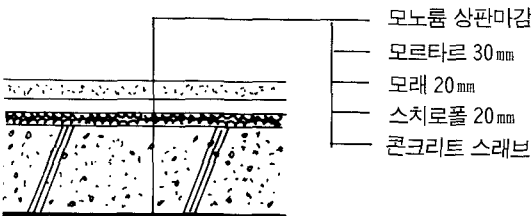
가스보일러 16,000kcal/hr

알루미늄 방열기

배관 : 동관(L형) : 15~25A



<그림 10> 온수온돌 난방방식의 바닥구조 단면도



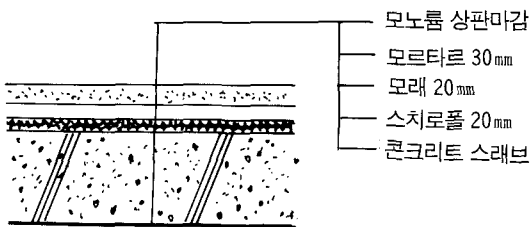
<그림 11> 방열기 난방방식의 바닥구조 단면도

3) F.C.U 방식

(1) 개요

가스보일러 16,000kcal/hr

배관 : 동관(L형) 20~25A



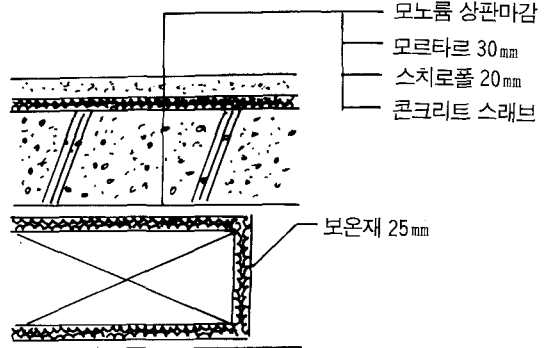
<그림 12> 팬코일 유닛 난방방식의 바닥구조 단면도

4) 공기덕트 난방방식

(1) 개요

① 온풍기에 덕트를 연결하여 각 방에 설치된 토출기 및 흡입구를 이용하여 난방하는 방식

② 냉방과 난방을 겸용할 수 있고 온풍기내 필터와 가습기 부착시 좋은 실내환경 유지 가능



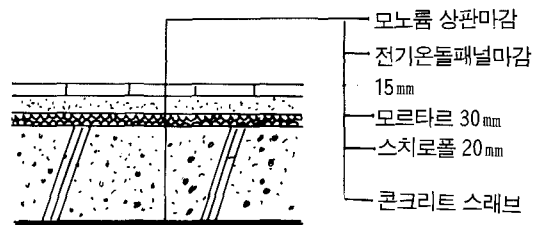
<그림 13> 공기덕트 난방방식의 바닥 및 천장구조 단면도

5) 전기 온돌 패널 난방방식

(1) 개요

소비전력 240w/h, 방열능력 100kcal/h, 규격 1700×850×15

전기온돌 난방방식에 따른 바닥구조의 규정, 기준, 사례가 없어 건축법규에 근거하여 구조를 선정



<그림 14> 전기온돌패널 난방방식의 바닥구조 단면도

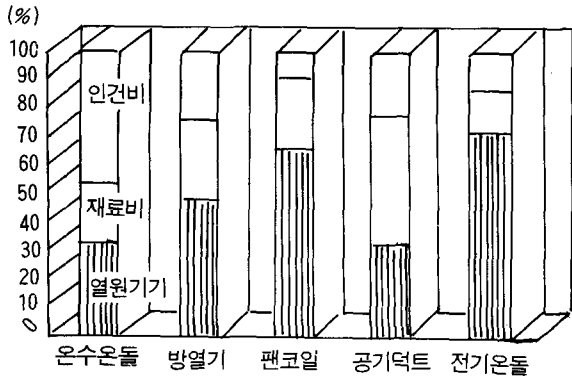
6) 각 난방방식별 초기 투자비

(1) 각 난방방식별 설비공사비

<표 21> 각 난방방식별 설비공사비

구분	온수온돌 난방	방열기 난방	팬코일유닛 난방	공기덕트 난방	전기온돌 패널 난방
열원기기	654,220원	1,046,600원	1,680,500원	1,790,000원	2,025,000원
재료비	425,918원	613,474원	613,474원	2,480,514원	410,000원
인건비	903,765원	525,812원	1,270,162원	1,270,162원	384,000원
총 계	2,004,425원	2,185,886원	5,540,676원	5,540,676원	2,819,000원

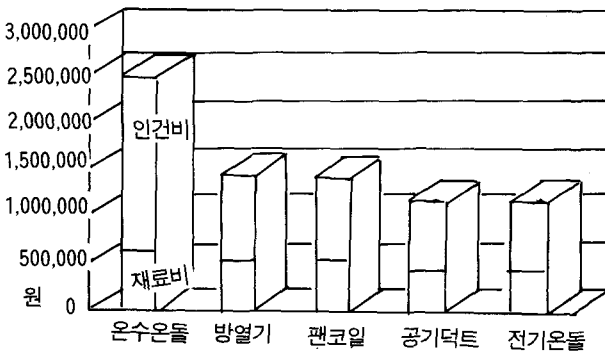




(2) 각 난방방식별 건축공사비

〈표 22〉 각 난방방식별 건축공사비

구분	온수온돌	방열기	팬코일유닛	공기덕트	전기온돌
	난방	난방	난방	난방	패널 난방
재료비	625,521원	514,074원	514,074원	438,674원	438,674원
인건비	1,866,914원	891,798원	891,798원	738,031원	738,031원
총계	2,491,435원	1,432,872원	1,432,872원	1,176,705원	1,176,705원



(3) 각 난방방식별 초기 투자비

〈표 23〉 각 난방방식별 초기투자비

구분	온수온돌	방열기	팬코일유닛	공기덕트	전기온돌
	난방	난방	난방	난방	패널 난방
설비공사비	1,983,923원	2,185,886원	2,535,222원	5,540,676원	2,819,000원
건축공사비	2,491,435원	1,432,872원	1,432,872원	1,176,705원	1,176,705원
총계	4,475,358원	3,618,758원	3,968,094원	6,716,381원	3,995,705원

3. 소결

총 5가지 난방방식에 대해 32PY형 공동주택을 기준으로 (건축공사비+비공사비) 경제성 분석

- 1) 설비공사비 온수온돌 < 방열기 < F.C.U < 전기온돌 < 공기덕트 < 패널 난방
  - 2) 건축공사비 전기온돌 < 방열기 < F.C.U < 온수온돌 < 공기덕트 < 패널 난방
  - 3) 총공사비 방열기 < 전기온돌 < 온수온돌 < 공기덕트 < F.C.U < 패널 난방
- 방열기 난방, F.C.U, 전기온돌 패널 난방의 경우 공사비 측면에서는 유리하며 보급이 확대될 경우 경제성이 더욱 높아질 것이다.

[7] 결론

1. 기존 공동주택의 온수온돌 난방방식은 실내 온열환경을 적정수준으로 유지하기 힘들며 과열 현상으로 불필요한 에너지의 낭비가 심하다.

2. 도시 공동주택 중소형 가구의 에어컨 사용률은 19% 정도로 매년 증가추세이며 냉방설비와 연계된 시스템 개발이 요구된다.

3. 공간이용 실태조사 결과

생활방식은 좌식에서 입식생활로 바뀌고 있으며 가구의 바닥점유율은 평균 30%로 증가추세에 있고 가구의 바닥면적 차지 비중의 증가로 온도의 난방효율 저하

4. 실내기온을 22℃로 설정시

1) 바닥복사 난방방식은 바닥부분에서 급상승하는 유사한 온도분포(온수온돌, 부분온돌, 이원 화 온돌, 전기온돌 패널)

2) 대류난방(방열기 난방, F.C.U)의 경우 실내 평균 기온은 복사난방과 차이가 없으나 실내 상하부의 온도분포는 상부로 갈수록 증가하여 좌식보다는 입식생활에 유리하다.

5. 난방방식별 에너지 소비량

온수온돌 난방의 소비량을 100으로 했을 때 F.C.U (57.8), 방열기 (54.2), 전기온돌 (50.2)

6. 피험자들을 대상으로 한 쾌적환경 조사 결과 F.C.U > 전기온돌 > 온수온돌 > 부분난방 > 방열기 난방