

共同住宅의 最適暖房시스템 開發에 關한 研究

A Study on the Development of The Optimum Heating System for Apartment Building

○ 전성원* 권영철** 이연구***
Jun, Sung-won Kwon, Young-chul Rhee, Eon-Ku

Abstract

The purpose of this study is to search the optimum heating system for apartment building. The conventional Ondol system has been known as a suitable system for our traditional lifestyle. However, modern residential buildings have been built as airtighted and well-insulated more than former day, so the indoor air temperature is higher and out of the comfort range. Therefore it is necessary to develop more economized and comfortable heating system considering the resident's changing lifestyle and thermal comfort. In this study the Ondol system, partial and dualization ondol system, electric ondol panel system, radiator system, fan-coil unit system, and duct system are the main concern for the heating system. On the result of this study the fan-coil unit heating system has the advantage of the Ondol system considering indoor thermal environment, thermal comfort, economical efficiency, and possibility cooling after.

키워드 : 공동주택, 난방방식, 쾌적온열환경

Keyword : Apartment building, Heating system, Thermal comfort

* 본 연구는 (주)현대산업개발 기술연구소와 중앙대학교 생산공학연구소가 산학공동연구과제로 1997년 3월 31일까지 수행한 과제이다

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

1960년대 말 이후 공동주택이 건설되기 시작한 이후 급속히 확산되며 양적 증가와 함께 질적으로 크게 향상되어 내부공간의 설계, 다양한 유형 및 변화있는 형태 구성, 첨단공법 및 구조기술의 활용, 차음/내화/에너지 절약등 성능 개선, 표준화 및 규격화를 통한 품질개선 등 급격한 발전이 이루어져 왔다. 그러나, 설비시스템의 경우 그동안 매우 제한적인 개선만 이루어져 왔으며 특히, 난방설비에 있어서 난방방식은 온돌에 국한되어 단편적인 기술개발과 적용에 주안점을 두고 있다.

온돌은 우리나라의 전통적인 주거용 난방방식

으로, 재래식 주택의 경우 에너지 절약적이고 열적으로 쾌적한 합리적인 난방방식이었다. 그러나 현대의 공동주택은 각종 에너지 절약설계 기법이 도입됨에 따라 과거와 달리 열성능이 매우 우수하여 복사난방의 의미는 상실되고 있다. 이밖에도 배관의 하자발생, 공사비 및 공기의 증가, 공간계획의 비합리성, 에너지 소비증가 등 많은 문제점을 안고 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라 사람의 체질에 적합한 난방방식이라는 가설로 인해 아직까지 온돌 시스템에서 탈피하고 있지 못한 실정이다. 그러나 이러한 가설은 아직까지 과학적으로 확인된바 없으며, 인간의 체질이란 적용력이 강하여 환경에 따라 얼마든지 변화하기 때문에, 보다 합리적인 새로운 공동주택의 난방시스템을 개발하기 위한 연구가 필요하다.

본 연구에서의 공동주택의 최적 난방시스템

* 정희원, 중앙대 대학원 건축학과 박사과정
** 정희원, 한라공업대 건축공학과 교수, 공학박사
*** 정희원, 중앙대 건축학과 교수, 건축학박사

선정을 위한 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 공동주택에 적용가능한 난방시스템을 선정하여 적용하여 각 시스템별 열환경의 측정 실험을 통하여 열환경 특성을 파악, 비교분석하고, 둘째, 공동주택의 새로운 설계, 구조 및 생활방식에 적합한 쾌적열환경의 조건을 설정하는 기초연구를 실시하여 온열환경의 종합적 평가를 통하여 공동주택의 난방방식별 온열환경기준을 제시하고,

셋째, 제시된 쾌적온열환경 기준에 적합한 공동주택의 최적난방시스템에 대한 경제성 분석을 실시하였으며

마지막으로 온열환경의 쾌적성 및 초기투자비와 유지관리의 경제성 분석을 통하여 공동주택의 최적난방시스템의 개발방향을 제시한다.

2. 공동주택의 난방방식별 열성능 측정실험

2.1 개요

본 연구에서는 공동주택의 최적 난방시스템을 결정하기 위하여 동계기간 중 1995년 12월 4일-12월 14일, 1997년 1월 4일-1997년 2월 17일 동안에 걸쳐 기존의 온수온돌 난방방식과 다양한 난방방식에 대한 실내 온열환경 요소를 실험 모델을 이용하여 측정하여 비교분석하였으며, 각 난방방식의 열환경 선호도를 설문조사를 통하여 비교분석함으로써 최적난방시스템 결정에 활용하고자 하였다.

표 1. 측정실험 개요

실험 내용	기 간	실험난방방식		설정 온도	측정요소
		기준실	실험실		
실내온열 환경	95. 3/1-3/30	예비실험		실온	실내기온, 외기온, 바닥온도, 상대습도, 기류속도
	97.1/5-1/17(13)	온수온돌	건식전기패널		
	97.1/21-2/2(13)	온수온돌	팬코일유닛		
열쾌적성 및 피험자 설문조사	97.2/5-2/17(13)	방열기	이원화난방	18,20, 22, 24℃	실내기온, 외기온, 바닥온도, 상대습도, 기류속도
	95.12/4-12/10	온수온돌	부분난방		
	97.12/2-12/5	온수온돌	팬코일유닛		
	97.12/9-12/12	온수온돌	건식전기패널		

(1) 실험모델 규모 및 단열성능

실험모델의 바닥면적 8.1m², 천장고 2.3m²의 실물규모와 비슷한 규모의 기준실과 실험실 및

2.7×1.5m의 전실로 구성, 기존 주택과 유사한 구조로 되었으며 단열성능은 지붕 0.135, 외벽, 바닥 0.267, 출입문 0.35, 복층창호로 모든부위에서 건축법에 규정된 단열기준을 만족하고 있다.

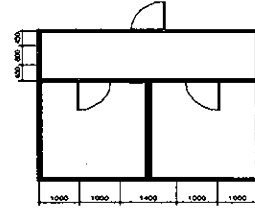
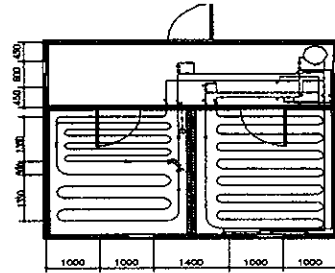
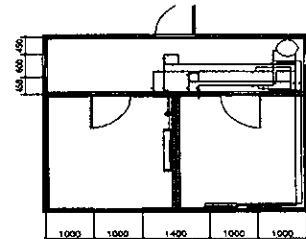


그림 1. 실험모델 평면



a)부분난방,이원화난방 b)온수온돌



c)전기온돌,팬코일 d)방열기 난방

그림 2. 각 난방방식별 설치도

2.2 실내 온열환경 측정 실험

각 난방방식별 실내 온열환경 측정실험은 실험모델을 이용하여 실내기온 22±1℃를 기준하여 기존 온수온돌 난방방식과 방열기, 팬코일 유닛, 부분난방, 이원화난방, 조립식 전기패널 방식의 실내 온열환경 측정실험을 1997년 1월 5일부터 2월 17일까지 각각 13일간 실시하였다.

(1) 실험결과

본 연구에서 실시한 난방방식별 온도분포 실험결과, 실내온도분포를 살펴보면 다음과 같다.

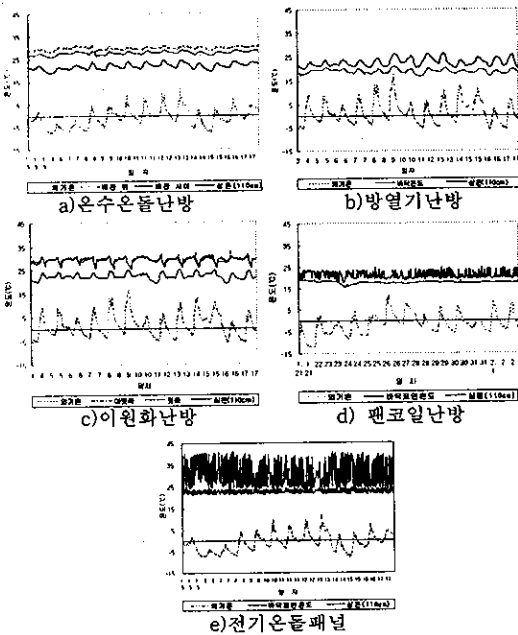


그림 3. 각 난방방식별 실내기온 및 바닥온도 분포

표 2. 각 난방방식별 실내기온 및 바닥온도

구분	온수온돌난방				이원화난방				
	외기	배관 위	배관 사이	실온	외기	윗목	아랫목	실온	
평균	-1.0	29.6	27.4	21.6	1.5	28.9	29.4	22.2	
최고	11.7	31.0	28.9	24.5	17.8	30.9	32.7	24.9	
최저	-8.2	27.0	25.7	19.0	-6.1	25.6	25.1	18.8	
폭	13.5	4.0	3.2	5.5	23.9	5.3	7.6	6.1	
	방열기			팬코일			전기온돌패널		
	외기	바닥	실온	외기	바닥	실온	외기	바닥	실온
평균	1.5	18.7	22.5	-1.7	17.5	20.9	-1.0	31	22.7
최고	17.8	20.9	26.5	11.3	19.9	24.7	11.7	41.5	24.7
최저	-6.1	16.7	19.6	-12	15.1	17.4	-8.2	23.2	21.1
폭	23.9	4.3	6.9	23.3	4.8	7.3	19.9	18.3	3.6

실내기온 분포를 살펴보았을 때 바닥복사 난방방식중에서 전기온돌 패널난방방식이 설정온도 22℃에서 실내기온 21.4℃~24℃의 범위로 기존 연구의 쾌적범위를 만족하는 가장 양호한 실내기온분포를 이루고 있으며 부분난방, 온수온돌난방, 이원화난방등의 바닥복사 난방방식과 방열기난방, 팬코일유닛 난방등은 온도변화폭이 전기온돌에 비해 다소 불리한 것으로 나타났다.

2.3 각 난방방식별 쾌적온열환경

쾌적온열환경에 대한 열환경 선호도 설문조사는 기존 온수온돌난방, 방열기난방, 부분난방, 이원화난방, 팬코일유닛, 전기온돌패널난방 등 6가

지 시스템에 대하여 실내온도 18℃, 20℃, 22℃, 24℃의 온도를 유지하면서 각각 30면의 피험자를 대상으로 온열감 및 쾌적감 등을 조사 분석하였다.

(1) 각 난방방식별 설문응답과 주요 환경요인들과의 상관관계

각 난방방식별 쾌적감에 영향을 미치는 요소에 대한 상관관계를 살펴보면 다음과 같다.

표 3. 각 환경요소와 쾌적감에 대한 상관관계

열환경요소	전체 쾌적감					
	온수온돌	방열기	부분난방	이원	팬코일	전기온돌
나이	-0.11	0.36**	-0.33**	0.21	-0.09	0.14
착의량	0.02	-0.18	0.05	-0.01	-0.19	0.20
실내기온	0.48**	0.62**	0.57**	0.56**	0.64**	0.70**
바닥온도	0.46**	0.48**	0.42**	0.55**	0.52**	0.53**
외기온	-0.01	0.06	-0.14	-0.05	-0.07	0.06
실내기온에 대한온열감	0.61*	0.62**	0.43**	0.55**	0.52**	0.68**
바닥온도에 대한온열감	0.48*	0.44**	0.15	0.56**	0.28*	-0.11

유의도 P : **=0.01, ***=0.001

각 난방방식별 쾌적감에 영향을 미치는 요소로는 실내기온과 바닥온도가 가장 큰 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 특히 대부분의 경우 실내기온이 바닥온도보다 상관관계가 높게 나타나 실내기온이 전체 쾌적감에 중요한 물리적 변수임을 알 수 있다.

(2) 각 난방방식별 가장 선호하는 실내기온 및 바닥표면온도

① 온수온돌

온돌난방에서 실내온도 및 바닥표면온도에 대해 쾌적하다고 답한 응답자(46%)의 실내기온 분포를 살펴보면 다음 그림과 같다.

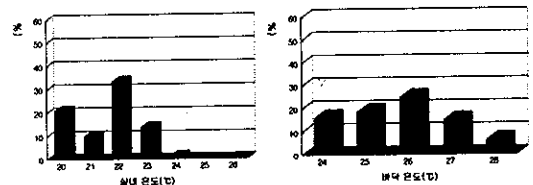


그림 4. 쾌적하다고 답한 응답자의 실내기온 및 바닥온도분포

위 그림과 같이 쾌적하다고 응답한 응답자중 실내기온 20℃~23℃에서 77%, 바닥표면온도 24℃~28℃에서 80%가 쾌적하다고 응답하여 대부분 실내기온 20℃~23℃, 바닥표면온도 2

4℃~28℃ 온도범위를 기존 연구의 쾌적범위에 만족하나 다소 낮은 온도를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 기존 공동주택 재실자들의 주거생활 패턴이 좌식에서 입식생활로 변화함에 따라 선호하는 바닥온도 범위가 낮아지고 또한 바닥온도보다는 실내온도에 더 중요한 은열환경요소가 됨을 알 수 있다.

② 방열기 난방방식

방열기 난방은 입식을 전제로 한 난방방식이므로 설문실험시 피험자들은 의자에 앉아 설문을 작성했으며 바닥에는 카페트를 깔았다.

방열기 난방에서 실내온도 및 바닥표면온도에 대해 쾌적하다고 답한 응답자의 실내기온 분포를 살펴보면 다음 그림과 같다.

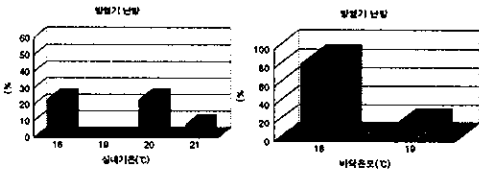


그림 5. 쾌적하다고 답한 응답자의 실내기온 및 바닥온도분포

방열기난방의 경우 전체적으로 쾌적감에 응답비율이 18%로 낮게 나타났다. 위 그림과 같이 쾌적하다고 한 응답자의 중 실내기온 18℃~21℃에서 53%, 바닥온도 18℃~19℃에서 100%가 쾌적하다고 응답하여 대부분 실내기온 18℃~21℃, 바닥표면온도 18℃~19℃ 온도범위를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 일반적인 공조방식에서의 겨울철 실내쾌적 기온인 약 20℃~23℃(ASHRAE STANDARD 55-92)와 거의 일치하는 것으로 나타났다.

③ 부분 난방 방식

부분난방에서 실내기온 및 바닥표면온도에 대해 쾌적하다고 답한 응답자(41%)의 실내기온 분포를 살펴보면 다음 그림과 같다.

아래 그림과 같이 쾌적하다고 답한 응답자 중 실내기온 20℃~24℃에서 96%, 바닥온도 26℃~31℃에서 80%가 쾌적하다고 응답하여 대부분 실내기온 20℃~24℃ 온도범위를 선호하는 것으로 나타났으며 전반적으로 22℃를 중심으로 정상분포를 이루고 있으며, 바닥온도 26℃~3

1℃ 온도범위를 선호하는 것으로 나타났다.

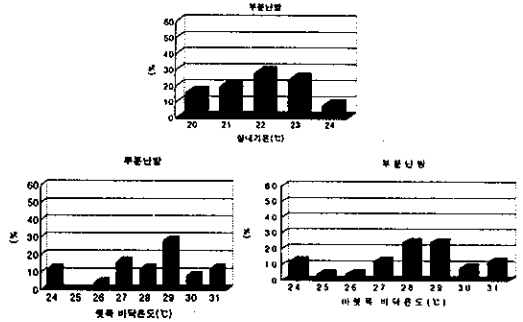


그림 6. 쾌적하다고 답한 응답자의 실내기온 및 바닥온도분포

④ 이원화 난방방식

이원화 난방에서 실내기온 및 바닥표면온도에 대해 쾌적하다고 답한 응답자(25%)의 실내기온 분포를 살펴보면 그림 와 같다.

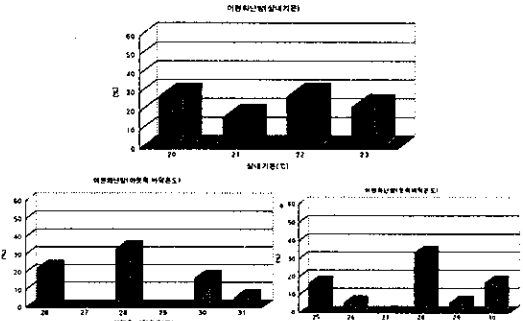


그림 7. 쾌적하다고 답한 응답자의 실내기온 및 바닥온도분포

위 그림과 같이 쾌적하다고 한 응답자의 중 실내기온 20℃~23℃에서 74%, 바닥온도 25℃~30℃에서 72%가 쾌적하다고 응답하여 대부분 실내기온 20℃~23℃, 바닥온도 25℃~30℃ 온도범위를 선호하는 것으로 나타났다.

⑤ 팬코일 유닛 난방방식

팬코일유닛 난방에서 실내기온에 대해 쾌적하다고 답한 응답자(48%)의 실내기온 분포를 살펴보면 다음 그림과 같다.

아래 그림과 같이 쾌적하다고 답한 응답자 중의 실내기온 29℃~23℃에서 87%, 바닥온도 15℃~19℃에서 74%가 쾌적하다고 응답하여 대부분 실내온도 20℃~23℃, 바닥온도 15℃~19℃의 온도범위를 선호하는 것으로 나타났다.

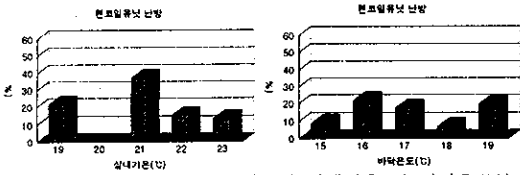


그림 8. 쾌적하다고 답한 응답자의 실내기온 및 바닥온도분포

⑥ 전기온돌 판넬 난방방식

전기온돌패널 난방에서 실내기온에 대해 쾌적하다고 답한 응답자(47%)의 실내기온 분포를 살펴보면 다음 그림과 같다.

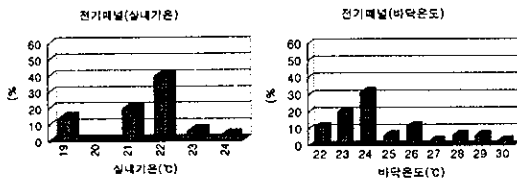


그림 9. 쾌적하다고 답한 응답자의 실내기온 및 바닥온도분포

위 그림과 같이 쾌적하다고 한 응답자의 중 실내기온 19°C~23°C에서 83%, 바닥온도 22°C~30°C에서 97%가 쾌적하다고 응답하여 대부분 실내기온 20°C~23°C, 바닥온도 22°C~30°C의 온도범위를 선호하는 것으로 나타났다.

이는 기존 온수온돌 난방방식과 마찬가지로 기존 연구의 쾌적범위보다 바닥온도가 낮게 나타났다.

2.4 각 난방방식별 쾌적범위

각 난방방식별 쾌적감에 대한 상관관계를 분석한 결과 피험자들의 쾌적감에 영향을 미치는 요소중 실내온도와 바닥온도 상관관계가 다른 요소에 비해 높게 나타나 실내기온과 바닥온도의 2가지 온열환경요소를 각각 독립변수로 단순회귀분석을 통하여 쾌적도 예측모델을 도출하여 각 난방방식별 쾌적온도 범위(그림 10)를 설정하였다.

2.5 쾌적난방방식

총 544개의 설문중에서 실내기온이 각 난방방식별 쾌적온도범위인 20°C~24°C범위에서 쾌적하다고 답한 경우는 164개 였으며 각 난방방식별 선호하는 쾌적비율을 살펴보면 다음 그림과 같다.

난방방식		쾌적범위	
기존 온돌	실내기온	(20.7~25.5°C)23.1°C	바닥표면온도 (24.6~30°C)27.3°C
	방열기	(19.7~21.9°C)20.8°C	(18.8~19.8°C)19.3°C
부분 난방	실내기온	(20.4~22.9°C)21.7°C	(23.6~31.1°C)27.4°C
	이원화 난방	(20.7~25.5°C)23.1°C	(24.6~30°C)27.3°C
팬코일	실내기온	(19.7~21.9°C)20.8°C	(18.8~19.8°C)19.3°C
	전기온돌 판넬	(20.4~22.9°C)21.7°C	(23.6~31.1°C)27.4°C

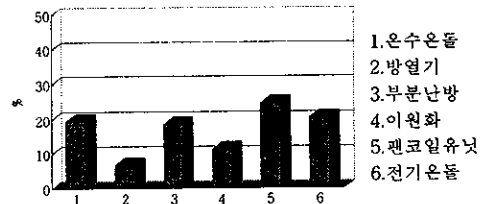


그림 10. 각 난방방식별 쾌적비율

비교대상 난방방식중 응답자가 가장 쾌적하다고 답한 난방방식은 팬코일 난방(24.3%)로 나타났으며 전기온돌 패널(20.3%), 기존 온수온돌 난방(19.2%), 부분난방(18.3%)의 순으로 선호도가 감소하였고, 가장 쾌적비율이 낮은 난방방식은 방열기 난방(6.5%)로 나타났다.

2.6 소결

(1) 각 난방방식별 쾌적함에 영향을 미치는 요소는 바닥온도보다는 실내기온이 더 중요한 열환경요소로 나타났다.

(2) 난방방식에 따른 쾌적온도분포는 부분난방, 이원화난방, 팬코일난방, 전기온돌 등은 거의 유사하며, 방열기의 경우 약간 낮은, 온수온돌의 경우 약간 높은 온도분포를 이루고 있다.

(3) 실내기온이 가장 쾌적한 난방방식은 팬코일유닛난방으로 나타났으며, 전기온돌패널난방, 온수온돌난방, 부분난방순으로 방열기를 제외한 난방방식의 쾌적선호도는 거의 유사하며, 방열기의 경우 가장 낮은 선호도를 나타내고 있다.

(4) 따라서 실내환경조건을 일정한 수준으로 유지하는 경우 재실자들의 쾌적도는 난방방식에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타나, 온돌이외의 다른 난방방식도 충분히 쾌적한 주거환경을 제공할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다.

3. 난방방식별 경제성 분석

3.1 개요

본 연구에서는 온수온돌과 그밖의 공동주택에 적용이 가능한 다양한 난방방식의 대안에 대하여 초기투자비를 상호비교하여 경제성 평가를 실시하였다. 비교대상 난방방식은 기존 온수온돌 난방, 방열기 난방, 팬코일 유닛 난방, 공조덕트 난방, 전기온돌 패널 난방 등 5가지를 선정하여 32평형의 전형적인 공동주택 단위세대를 대상으로 적용하여 설비공사비 및 건축공사비 등의 초기투자비를 산정하였다.

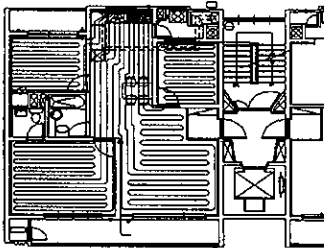


그림 11. 32평형 공동주택 평면도

3.2 각 난방방식별 초기투자비

각 난방방식별 물량적산내역은 다음과 같다.

표 4. 32평형 공동주택 각 난방방식별 물량산출

a) 설비공사비

① 온수온돌

종 명	규 격	단 위	수 량	산 출 근 거
가스보일러	16,000	대	1	평창탱크, 순환펌프내장, 벽걸이형
볼밸브	20φ	개	2	
온수온돌배기	6구경	개	1	
동관(L형)	20φ	m	18.4	(45+1.5+1.7+0.5+1)×2=18.4
(M형)	15φ	m	284.7	참실1: 14×3+1.5×4=47.5m 참실2: 16×2.2+5+4.5=44.7m 안방: 18×4+6.5+8.5+8.7+10=105.7m 거실: 14×3.7+2.5×6+5×4=86.8m
기타		개		동열보 20φ 12개, 동아담타20φ 4개, 15φ6개
동관용접	20φ	개소	24	12×2=24
인건비	배관공	인	10.2	0.45×1×0.07×2+0.036×18.4+0.031×284.7+0.76=10.2인
	보통인	인	9.84	0.35+0.036×18.4+0.031×284.7=9.84인
	특별인	인	0.3	0.3×1=0.3인

② 방열기

종 명	규 격	단 위	수 량	산 출 근 거
가스보일러	16,000	대	1	평창탱크, 순환펌프내장, 벽걸이형
밸브		개		볼밸브25φ 2개, 앵글밸브 15φ 5개
동관(L형)	25φ	m	20	5+6.5+1.5+2.5=20m
	20φ	m	18.7	7+3+7+1.7=18.7m
	15φ	m	15.3	0.5+0.3+2.2+0.7+0.8+0.7+0.3+1+2.3+1.5+5=15.3
동열보		개		25φ: 8개, 20φ: 2개, 15φ: 45개
동타		개		25φ: 5개, 20φ: 5개
기타		개		동해류사25φ2개, 동아담타25φ2개, 동립20φ2개
AL방열기	AR-450	대	117	28×38+15×22+14=117개
배관보온				25φ: 20m, 20φ: 18.7m
동관용접	25φ	개소	78	8×2+5×2×2×1+2.5×2
	20φ	개소	18	2×2+5×2×1+2×1
	15φ	개소	10	5×1+5×1
인건비	배관공	인	7.9	0.76+0.07×2+20×0.044+18.7×0.036+15.3×0.031+0.99×5=7.8775인
	보통인부	인	2.5	20×0.044+18.7×0.036+15.3×0.031+0.09×5=2.4775인
	특별인부	인	0.3	0.3

③ 팬코일유닛

종 명	규 격	단 위	수 량	산 출 근 거
보일러	16,000	대	1	평창탱크, 순환펌프내장, 가스, 벽걸이형
볼밸브	25φ	개	2	
앵글밸브	25φ	개	5	
동관(L형)	25φ	m	20	5+6.5+1.5+2.5=20m
	20φ	m	34	7+3+7+1.7+0.5+0.3+2.2+0.7+0.8+0.7+0.3+1+2.3+1.5+5=34m
동열보				25φ: 8개, 20φ: 47개
동타				25φ: 5개, 20φ: 5개
기타				동해류사25φ2개, 동아담타25φ2개, 동립20φ2개
FCU		개	5	침실(1), 침실(2), 식당(1)안방(1), 거실(1)
배관보온	25φ	m	20	
	20φ	m	18.7	
	25φ	개소	78	8×2+5×2×2×1+2.5×2
동관용접	20φ	개소	18	2×2+5×2×1+2×1
인건비	배관공	인	2.9	0.76+0.07×2+20×0.044+18.7×0.036+15.3×0.031=2.9275인
	보통인	인	2.0	20×0.044+18.7×0.036+15.3×0.031=2.0275
	특별인	인	0.3	0.3

④ 공기덕트

종 명	규 격	단 위	수 량	산출근거
가스온풍기	16,000	대	1	
T-line디퓨저	175φ	개	14	
후역사블러드	75φ	m	5.2	0.3×14=5.2m
각형덕트 설치공사	0.5x	m ²	43.05	(0.6+0.15)×2×(4+3+4+5)+(0.3+0.15)×2×3.7+(0.2+0.15)×2×(2.2+3.1+1+2.7+2.3+3.2+2)+(0.4+0.15)×2×5=43.05m ²
덕트보온	25x	m ²	43.05	
노무비	덕트공	인	26.1	각형덕트: 0.44×43.05=18.942인 후역사블러드: 0.05×14개=0.7인 디퓨저: 0.46×14개=6.44인
	보통인부	인	1	가스온풍기
	기계설치	인	1	가스온풍기

b) 건축공사비

① 온수온돌

품명	규격	단위	수량	산출근거
에탈라스		m ²	68.32	
스티로폼	두께30mm	m ²	68.32	안방(12.87m ²),침실1(9.57),침실2(9.99) 거실(22.39),주방/식당(13.5)=68.32
모노폼		m ²	68.32	
시멘트	두께30mm	포	55	0.4015포/m ² ×68.32=27.5(마감) 0.4015포/m ² ×68.32=27.5(기초)
모래	두께30mm	m ³	4.73	0.0346m ³ /m ² ×68.32=2.36(마감) 0.0346m ³ /m ² ×68.32=2.36(기초)
자갈	두께30mm	m ³	8.2	0.12m ³ /m ² ×68.32=8.2
보통인부		인	28.68	0.12인/m ² ×68.32=8.2(마감) 0.18인/m ² ×68.32=12.28(자갈) 0.12인/m ² ×68.32=8.2(기초)
내장공		인	0.55	0.008인/m ² ×68.32=0.55(마감)
미장공		인	12.3	0.09인/m ² ×68.32=6.15(마감) 0.09인/m ² ×68.32=6.15(기초)

② 방열기 및 팬코일

품명	규격	단위	수량	산출근거
에탈라스		m ²	68.32	
스티로폼	두께20mm	m ²	68.32	안방(12.87m ²),침실1(9.57),침실2(9.99) 거실(22.39),주방/식당(13.5)=68.32
모노폼		m ²	68.32	
시멘트	두께30mm	포	27.43	0.4015포/m ² ×68.32=27.43
모래	두께30mm 두께20mm	m ³	12.6	0.0346m ³ /m ² ×68.32=2.36(모르타르마감) 0.15m ³ /m ² ×68.32=10.24(모래쌓기)
보통인부		인	12.6	0.12인/m ² ×68.32=8.2(모르타르마감30mm) 0.065인/m ² ×68.32=4.44(모래쌓기 20mm)
내장공		인	0.55	0.008인/m ² ×68.32=0.55
미장공		인	6.15	0.09인/m ² ×68.32=6.15

③ 전기온돌 및 공기덕트

품명	규격	단위	수량	산출근거
에탈라스		m ²	68.32	
스티로폼	두께 20mm	m ²	68.32	안방(12.87m ²),침실1(9.57) 침실2(9.99) 거실(22.39),주방/식당(13.5)=68.32
모노폼		m ²	68.32	
시멘트	두께 30mm	포	27.43	0.4015포/m ² ×68.32=27.43
모래	두께 30mm	m ³	2.36	0.0346m ³ /m ² ×68.32×2.36
보통인부		인	8.2	0.12인/m ² ×68.32=8.2
내장공		인	0.55	0.008인/m ² ×68.32=0.55
미장공		인	6.15	0.09인/m ² ×68.32=6.15

3.3 각 난방방식별 초기투자비 비교

(1) 각 난방방식별 설비공사비

표 5. 32평형 공동주택 각 난방방식별 설비공사비

구분	온수온돌	방열기	팬코일유닛	공기덕트	전기패널
열원기기	654,220	1,046,600	1,680,500원	1,790,000원	2,025,000원
재료비	425,918	613,474	613,474원	2,480,514원	410,000원
인건비	903,765	525,812	241,248원	1,270,162원	384,000원
총계	2,000,425	2,185,886	2,535,222원	5,540,676원	2,819,000원

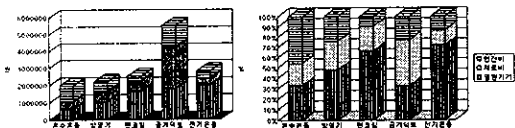


그림 12. 32평형 공동주택 각 난방방식별 설비공사비

설비공사비의 경우 온수온돌이 가장 낮게 나

타났으며 공기덕트의 경우 다른 난방방식에 비해 2배이상 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

구성비율을 살펴보면 온수온돌의 경우 인건비(46%)의 비율이 가장 높게 나타났으며, 전기온돌과 팬코일은 열원기기(72%, 66%)의 비율이 높게 나타났다.

(2) 각 난방방식별 건축공사비

표 6. 32평형 공동주택 각 난방방식별 건축공사비

구분	온수온돌	방열기	팬코일유닛	공기덕트	전기패널
재료비	624,521	541,074	541,074원	438,674원	438,674원
인건비	1,866,914	891,798	891,798원	738,031원	738,031원
총계	2,491,435	1,432,872	1,432,872원	1,176,705원	1,176,705원

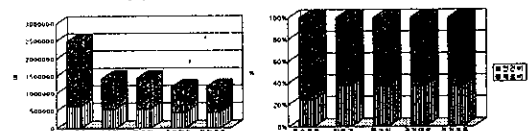


그림 13. 32평형 공동주택 각 난방방식별 건축공사비
건축공사비의 경우 전기온돌의 경우 가장 낮게 나타났으며, 온수온돌의 경우 가장 높게 나타났다. 공사비 구성비율을 살펴보면 인건비의 비율이 60~70%비율로 나타났으며 온수온돌의 경우 가장 높게 나타났다.

(3) 각 난방방식별 초기투자비 비교

표 7. 각 난방방식별 공사비 및 구성

구분	온수온돌	방열기	팬코일유닛	공기덕트	전기패널
설비공사비	1,983,923	2,185,886	2,535,222원	5,540,676	2,819,000원
건축공사비	2,491,435	1,432,872	1,432,872원	1,176,705	1,176,705원
총계	4,475,358	3,618,758	3,968,094원	6,717,381	3,995,705원
구분	온수온돌	방열기	팬코일유닛	공기덕트	전기패널
열원기기	654,220원	1,046,600원	1,680,500원	1,790,000원	2,025,000원
재료비	1,050,459원	1,154,548원	1,154,548원	2,919,188원	848,674원
인건비	2,770,679원	1,417,610원	1,133,046원	2,008,193원	1,122,031원

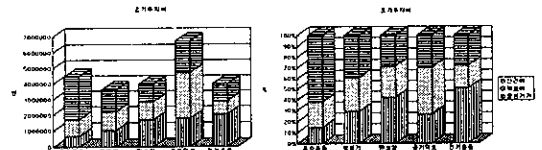


그림 14. 각 난방방식별 공사비 및 구성비율
각 난방방식별 초기투자비를 살펴보면 방열기난방, 팬코일난방, 전기패널난방이 비교적 낮게 나타났으며, 공기덕트의 경우 다른 방식의 2배이상 높게 나타났다. 또한 구성비율을 살펴보면 온수온돌의 경우 인건비(62%)의 비율이 높게 나타났으며, 열원기기의 비율이 높은 난방방식은 전기온돌과 팬코일유닛난방, 공기덕트의 경우 재료비의 비율이 높게 나타났다.

3.4 소결

(1) 초기투자비는 방열기 난방이 가장 저렴하고, 팬코일유닛난방, 전기온돌패널난방, 온수온돌난방 순으로 공사비가 증가하였으며, 공기덕트난방은 다른 난방방식에 비해 1.5배이상 고가인 것으로 나타났다.

(2) 초기투자비 측면에서 방열기난방, 팬코일유닛난방, 전기온돌패널난방이 유리하며 초기투자비 구성비율을 살펴볼 때 이들 방식은 보급이 확대될 경우 경제성이 더 높아질 것으로 판단되며 온수온돌의 경우 인건비의 비율이 높아 앞으로 인건비의 상승에 따라 경제성이 저하될 것으로 보인다.

5. 결 론

본 연구에서는 공동주택의 적정 난방시스템을 개발을 위하여 기존 온돌난방방식의 문제점을 파악하고 다양한 난방방식의 적용에 따른 열환경을 비교분석하며, 각방식의 초기투자비 분석을 통한 경제성을 비교함으로써 공동주택에 적용가능한 최적난방시스템의 합리적 대안을 제시하고자 하였다.

본 연구를 통하여 도출된 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 기존 공동주택의 온수온돌 난방방식은 실내 온열환경을 적정수준으로 유지하기 힘들며, 과열현상으로 인해 불필요한 에너지의 낭비가 발생하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 실내기온을 22℃로 설정하였을 때 기존 온수온돌난방, 부분온돌난방, 이원화온돌난방, 전기온돌패널난방의 4가지 바닥부사 난방방식의 실내기온은 큰 차이없이 바닥부분에서 급상승하는 유사한 분포를 나타내고 있으며, 방열기난방, 팬코일 유닛난방의 경우 실내평균기온은 복사난방과 차이가 없으나 실내 상하부의 온도분포가 상부로 갈수록 증가하고 있어서 좌식생활보다는 입식생활에 유리한 것으로 나타났다.

(3) 피험자를 대상으로한 각 난방방식의 쾌적 환경 조사결과, 같은 조건에서 가장 쾌적한 난

방방식은 팬코일유닛 난방으로 나타났으며, 전기온돌 패널난방, 기존온수온돌난방, 부분난방 순으로 쾌적도가 저하되지만 큰 차이는 보이지 않았으며, 방열기난방의 경우 쾌적도가 가장 낮은 것으로 나타났다.

(4) 초기투자비의 비교에 의한 각 난방방식의 경제성 평가 결과, 방열기난방이 가장 저렴하고 팬코일유닛난방, 전기온돌패널난방, 온수온돌난방순으로 공사비가 약간 증가하며, 공기덕트난방의 경우에 공사비가 타 방식에 비해 비교적 높은 것으로 나타났다. 난방방식의 경제성은 현 장여건과 에너지소비량, 유지관리비용 등을 종합적으로 검토해야 하지만 공시비 측면에서 방열기난방, 팬코일유닛난방 및 전기온돌패널난방이 유리하며, 인건비의 비중이 가장 높은 온수온돌난방은 앞으로 인건비의 상승에 따라 경제성이 크게 저하될 것으로 보이고, 공기덕트방식은 당분간 다른방식에 비해 경제성이 떨어질 것으로 사료된다.

이상의 연구결과를 종합해 볼 때, 공동주택의 난방방식은 기존의 온수온돌난방이 최선의 방식이 아니며, 사용자의 주관적 반응이나 실내기온의 분포특성, 경제성 등을 고려할 때 다른 난방방식(전기온돌패널, 팬코일유닛, 방열기난방)이 유리한 것으로 나타났다. 특히 팬코일유닛을 이용한 경우 거주자들의 쾌적도에서 가장 선호하는 방식이면서도 초기투자비 측면에서 유리하고, 특히 냉방설비와 연계하여 사용할 수 있으며 공기정화 및 습도조절의 기능도 포함시킬 수 있다는 장점이 있기 때문에 앞으로 이 방식을 이용한 공동주택의 설비시스템 개발이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 이연구의, "온돌세미나(건축에너지위원회 1990년도 특별강연회)", 대한건축학회, 1990.9
2. 이동주, "온돌의 쾌적실온 유지에 적절한 바닥 표면 온도 설정에 관한 실험적 연구", 중앙대 석사학위 논문, 1992.
3. 成田修司, "蓄熱床暖房に関する研究", 日本建築學會大會學術講演概要集(東北), 1991. 9.