

기존온수온돌과 조립식 온수온돌의 전열특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Heat Transmission Characteristics of the Conventional and Prefabricated Ondol

민 정 현,* 이 충 구,** 장 문 석*

J. H. Min, C. G. Lee, M. S. Jang

Key words : Conventional Ondol(기존온돌), Prefabricated Ondol(조립식온돌), Heat transmission characteristics(전열특성)

Abstract

The objectives of this study are to find out and to analyze the heat transmission characteristics of the conventional and prefabricated Ondol systems.

To compare the thermal characteristics of these Ondol, a real sized Ondol model is set in a chamber. Hot water whose temperature is varied from 45°C to 60°C with 5°C interval is supplied to each Ondol system. At that time the temperature distribution of floor surface, the amount of supplied heat, the heat radiation aspect and the heat loss from the floor to the underground are measured and analyzed simultaneously.

As a result, even if the supplied hot water temperature to the prefabricated Ondol panel is lower by about 5°C than that of the conventional Ondol panel, the net radiant effect is same. Heat radiation efficiency of the prefabricated Ondol panel is over 5% better than that of the conventional Ondol panel. It takes 12 hours for the conventional Ondol and 45 minutes for the prefabricated Ondol, respectively to reach steady state.

1. 서 론

온돌은 우리 나라 고유의 난방방식으로 오랜 세월동안 변형 발전되어 오면서 우리의 건축양식과 주거생활에 많은 영향을 끼쳐왔다. 온돌의 구조는 구들의 형태로서 큰 변화없이 오랜 세월동안 전승되어 오다가 해방을 전후한 시기에 구멍탄용 구들 온돌을 거쳐 파이프매설식 온수온돌 시스템으로 발전되어 현재에 이르고 있다.

온돌 난방방식은 여타의 난방방식에 비해 높이에 따른 실내온도분포가 균일하여 온열감이 좋을 뿐만 아니라 방열설비가 바닥면에 매설되어 있기 때문에 보건위생과 실내공간의 활용면에서도 우수한 난방 방식이다.¹⁾ 현재 주로 사용되고 있는 온돌은 바닥면의 시멘트 몰탈속에 온수관을 매설하고 온수를 공급하여 난방을 하는 형태가 주종을 이루고 있으며 1980년대 후반부에 주택보급율을 높이기 위해 주택 양산체제의 일환으로 조립식 건축이 붐을 이루기 시작하면서 온돌 시공법도 습식 공법에서 건식공법으로의 전환이 필요하게 되었다. 그러나, 이미 생산되고 있는 조립식 온수온돌은 여러가지의

* 한국에너지 기술연구소

** 충북대학교 기계공학과

장점이 있음에도 불구하고 시공방법상, 시스템 운전상 및 경제성 등의 문제점을 충족시키지 못해 널리 보급되지 못하고 있으며, 주로 기존주택의 개·보수용이나 또는 간이 시설물의 난방용으로 보급되어 있다.(그 이유로는 본래 조립식 온수온돌이 국내에서 처음 개발된 것이 아니고 일본에서 개발된 모델을 상세한 검토 없이 그대로 국내에 들여와 생산했기 때문이다.)

따라서 이와 같은 문제점을 보완한 다목적 조립식 온돌패널을 한국에너지기술연구소에서 개발중에 있으며, 본 연구 논문은 현재 개발 중인 다목적 조립식 온수온돌패널(“이하, 조립식 온돌”)과 기존 습식온수온돌(“이하, 재래식 온돌”)에 대한 전열 및 방열특성을 정량적으로 규명하고 온수공급온도의 변화에 따른 방열량 및 바닥면 하부로의 열손실 등을 실험을 통하여 비교 분석하였다.

2. 온돌의 전열특성 실험

2.1 실험장치

온돌의 전열성능 실험은 각각의 온돌모델에 대하여 동일조건 하에서 전열특성을 비교하기 위하여 2개의 항온실과 1개의 제어실 및 측정·분석실로 구성된 실험실에서 실시하였으며 항온실의 체온은 Table 1과 같다.

Fig.1은 실험장치의 개요도를 나타낸 것으로서 온돌시험체에 일정온도의 온수를 공급하기 위하여 하부에 8kW 용량의 전열히터가 설치된 600리터

용량의 온수탱크가 설치되어 있다. 온수탱크의 높이에 따른 온도 성층을 막기 위하여 상·하부를 연결한 관의 중간에 순환펌프를 설치하여 온수탱크의 내부온도가 균일하게 되도록 하였으며, 온수공급온도의 조절은 온도조절장치에 의해 설정온도 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 범위내에서 조절 할 수 있도록 되어 있다. 온돌 시험체의 온수공급은 공급관에 순환펌프를 설치하여 온수가 공급되도록 하였다.

또한 전동변과 순환펌프를 타이머와 연결하여 온수공급시간을 조절할 수 있도록 하였으며, 항온실 내부에 온돌을 설치하여 각각 온돌모델로 부터의 방열량 및 바닥온도분포, 공급열량 등을 동일 조건 하에서 정량적으로 측정·분석할 수 있도록 하였다.

2.2 측정기기 및 측정방법

본 실험에서 이용된 측정기기는 data logger (KAYE사 제품, model : DIGI-LINK 4C PLUS) 와 온도의 보정을 위해 사용된 high precision bath(HART SCIENTIFIC, model : 7025), 데이터 처리를 위해 이용된 KVIEW software와 386 DX P/C이다.

온도의 측정은 T-type(AWG No.30) 열전대를 사용하였으며 정도를 높이기 위해 high precision bath를 이용 20°C 와 60°C 사이의 2점 보정을 한 후 사용하였다.

온수유량은 공급측에 turbine flow meter(OMEGA FTB-101, signal conditioner : FLSC-28)를 사용하였다. 또한 온돌패널로 부터의 방열량을 측정하기 위하여 heat flux transducer(HYCAL

Table 1 Specifications of the constant temperature room

Dimension	3600(L)×3000(D) ×2700(H)×2 room
Heat source (HVAC system)	Air cooled condensing unit(5RT)×2set Electric heater(3φ×220V ×5kW)×2set
Control system	PID-auto tuning control
Temp. range & accuracy	15~30°C±0.3°C

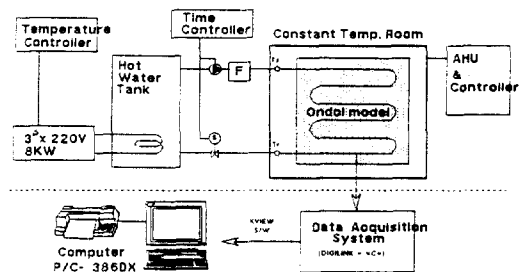


Fig.1 Schematic diagram of the experimental apparatus

ENG., model LO-6)를 이용하였으며 온돌패널에 공급되는 열량은 온돌패널의 입구와 출구에 열전대를 설치하고 입출구 온도차와 유량을 6초 간격으로 적산하여 측정하였다.

2.3 실험모델의 제작

실험모델은 재래식 온돌과 조립식 온돌 각각에 대해서 제작하였으며 재래식 온돌은 주택공사에서 시공하고 있는 방식을 채용하였고 조립식 온돌은 연구소에서 개발 중인 다목적 조립식 온돌을 채용하였다.

재래식온돌의 실험모델은 1,800(L)×1,800(D)의 크기로 제작하였고 온수관은 $\phi 15.88\text{mm}$ 의 동관을 사용하였으며 배관피치는 200mm의 직렬배관으로 하였다. 단면의 구성은 하부에 두께 30mm의 폴리스티렌폼을 설치하고 두께 70mm의 콩자갈을 깔고 그 위에 시멘트몰탈 25mm로 미장을 한 후 민속장판으로 마감처리를 하였다. Fig.2(a)는 재래식 온돌 실험모델의 단면구조이다.

조립식 온돌모델은 크기가 1700(L)×1700(D)이며 방열관은 7.9mm 방열주관은 12.7mm의 동관을 사용하였고 배관피치는 150mm로 직·병렬 혼합배관으로 하였다. 단면은 압축강도가 0.035kg/cm²의 강화 폴리스티렌폼으로된 110mm의 단열상판과 그 위에 온수관을 설치하고 온수관의 전열효율을 향상시키기 위하여 갈바늄 강판 0.5mm의 전열판을 설치하였으며 온돌의 접촉 쾌감을 향상시키기 위하여 두께 4.5mm인 목질계의 MDF합판으로 구성되어 있으며 그 구조의 단면도를 Fig.2(b)에 나타내었다.

2.4 실험방법

실험방법은 항온실 내에 2가지의 모델을 설치하였고 구조체 내부의 온도를 측정하기 위하여 Fig.3(a) 및 Fig.3(b)와 같이 각각의 측정부위에 T-

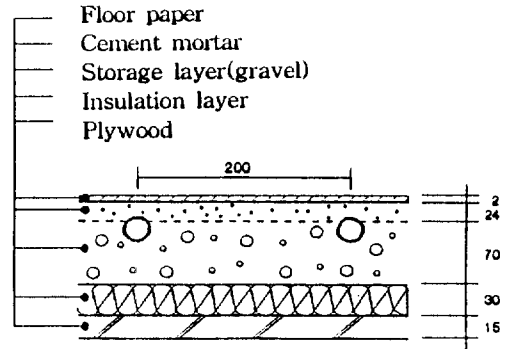


Fig.2(a) Sectional view of the conventional Ondol

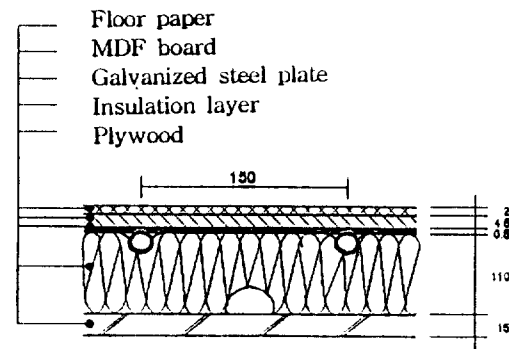


Fig.2(b) Sectional view of the prefabricated Ondol

Table 2 Specifications of the experimental instruments

Equipment	Model	Usage
Data Logger	KAYE, Digi-Link 4C+	Data collection
High Precision Bath	HART SCIENTIFIC, 7025	Temp. correction
Turbine Flow Meter	OMEGA, FTB-101	Flow measurement
Heat Flux Transducer	HYCAL ENG., LO-6	Heat flux measurement
Signal Conditioner	OMEGA, FLSC-28	Flow measurement
Data Acquisition S/W	KAYE, KVIEW	Data acquisition & manage
Thermocouple wire	GORDORN, T-type(AWG No.30)	Temp. Measurement

type 열전대 및 heat flux transducer를 설치하였다. 네모로 표시된 부분(E1~E4)이 방열량 측정 센터 위치이며 둥근점으로 표시된 부분은 온도측정 센서 위치로서 FL-1~FL-6는 바닥표면, MOR-S1~S6은 몰타르표면, GR-1~5는 자갈층, INS-U1~U2는 단열재 상부, INS-L1~L2는 단열재 하부, MDF-1~6은 마감재인 MDF보드의 상부, STL1~6은 전열판(갈바늄강판 0.5mm)상부를 나타내고 있으며 각 센서의 위치를 순서대로 표기하였다. 온수온도의 전열특성 실험은 약 2개월에 걸쳐서 실험을 수행하였으며 실험조건은 동절기 쾌적 실내온도 유지범위인 21°C로 항온실의 온도를 설정하였다. 온수온도에 공급되는 온수의 온도를 45°C부터 60°C까지 5°C 간격으로 변화시키면서 각

각의 온수 공급온도에 대한 초기 가열시 온도변화 및 방열상태, 정상상태에 도달한 후의 온도분포 및 방열상태, 패널의 효율, 냉각할 때의 온도분포 및 방열상태 등을 측정 분석하였다. 또한 간헐온전에 대한 실험의 일부로서 내부축열이 많은 재래식 온돌에 대하여 온수를 2시간 공급한 후 온수공급을 중단하였을 때 재래식 온돌에서의 방열상태, 바닥 표면온도 등을 실험하였고, 조립식 온돌에 대해서는 재래식과 동일한 열량을 공급한 후 방열상태, 바닥표면 온도분포 등을 상호 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 재래식 온돌과 조립식 온돌의 바닥표면 온도분포

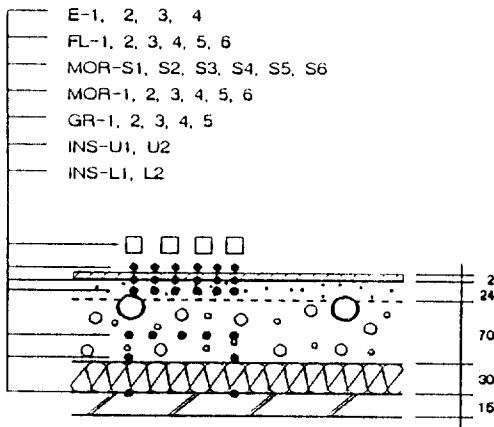


Fig.3(a) Position of sensing probes for the conventional Ondol

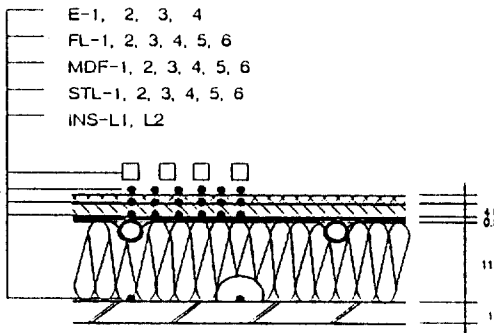


Fig.3(b) Position of sensing probes for the pre-fabricated Ondol

Fig.4(a) 및 Fig.4(b)는 온돌구조체가 항온실의 온도(21°C)와 비슷하게 충분히 냉각된 상태에서부터 45°C 온수를 공급하였을 때 시간변화에 따른 각 온돌의 바닥표면 온도분포를 나타낸 것이다.

Fig.4(a)에서 보는 바와 같이 재래식온돌은 가열초기에 온수관 직상부인 FL-1 빠른 속도로 온도가 상승하는 반면 온수관과 온수관 사이의 중앙부인 FL-6은 매우 완만하게 온도가 변화됨을 볼 수 있다. 1시간 경과 후의 온도차는 약 5.2°C 정도로 매우 크게 나타나고 있으나 시간이 흐를수록 온도차는 줄어들어 12시간 경과 후에는 FL-1의 온도는 31.1°C이고 FL-6의 온도는 28.3°C로서 2.8°C의 온도차를 보여주고 있다. 온돌구조체가 정상상태에 근접하기 까지의 시간은 12시간 정도 소요되었으며 그때 온돌의 평균온도는 29.5°C로 나타났다.

반면에 Fig.4(b)의 조립식 온돌은 Fig.2에서 언급한 바와 같이 압축성형된 폴리스티렌폼이 구조체의 대부분을 차지하고 있어 내부의 축열이 거의 없다. 따라서 Fig.4(a)와 비교하여 보면 온수 공급 개시 후 바닥표면의 온도변화가 재래식 온돌에 비하여 매우 빠르게 진행됨을 알 수 있었고 조립식 온돌이 정상상태에 도달하기 까지 걸리는 시간은 약 45분 정도 소요되었다.

또한 정상상태에 도달한 후의 바닥표면 온도분포를 살펴보면 FL-1은 32.1°C이고, FL-6은 30.6°C로서 1.5°C의 온도차를 보여주고 있으며 바닥의

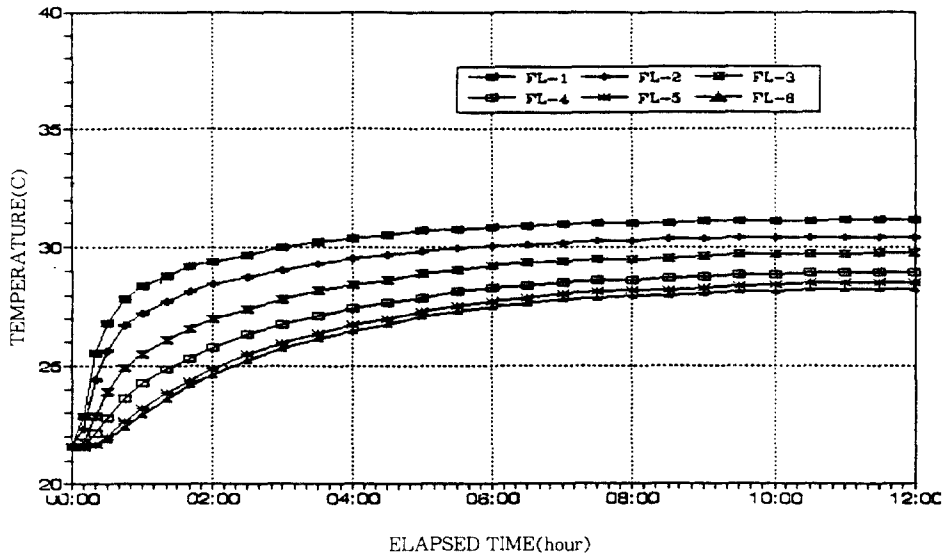


Fig.4(a) Floor surface temperature distribution of conventional Ondol at 45°C hot water supply

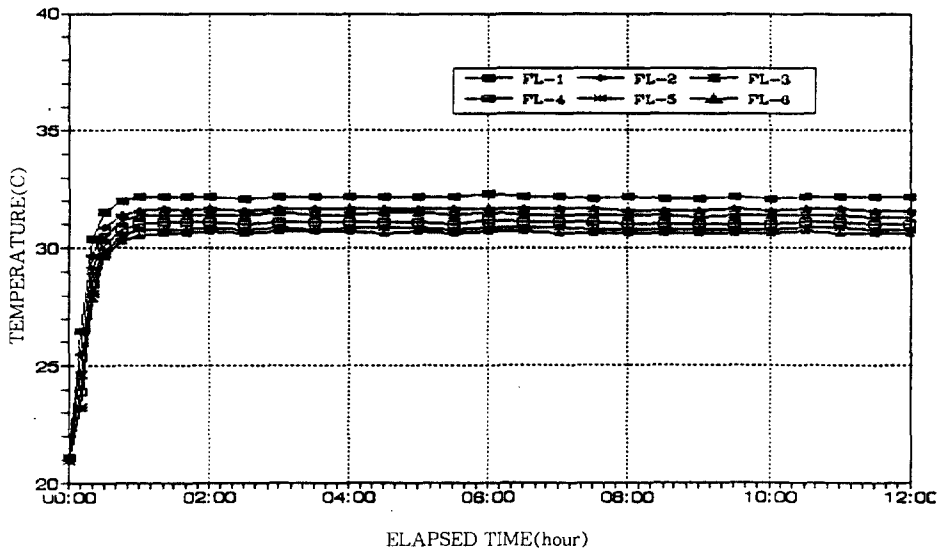


Fig.4(b) Floor surface temperature distribution of prefabricated Ondol at 45°C hot water supply

평균온도는 31.2°C로 재래식 온돌보다 온도편차가 작은 반면 바닥평균온도는 약간 높게 나타나고 있어 바닥표면에 대한 온열감은 조립식 온돌이 재래식 온수온돌에 비하여 양호한 것으로 판단된다.

Table 3은 재래식 온돌과 조립식 온돌에 대하여 온수공급온도를 45°C~60°C까지 변화시켰을 때 약 24시간이 경과한 후의 바닥표면 온도분포를 요약하여 정량적으로 나타낸 것이다.

Table 3에 나타난 바와 같이 온수공급온도가 높아질수록 바닥표면온도의 온도차가 증가하는 것을 알 수 있으나, 재래식 온돌에 비하여 조립식 온돌의 바닥표면온도 편차가 상대적으로 작아 보다 균일한 온도분포를 보이고 있다. 또한 동일한 온도의 온수를 공급할 때 조립식 온돌의 바닥표면 평균온도가 약 1.5°C~2.5°C 정도 높게 유지되고 있다. 따라서 동일한 바닥표면온도를 얻기 위해서는 재래식 온돌에 공급하는 온수보다 조립식 온돌에 공급하는 온수의 온도를 약 5°C 정도 낮출 수 있으므로 온돌하부로 손실되는 열량을 줄여서 에너지절감 효과를 얻을 수 있을 것이다.

또한 본 실험에서 온돌에 공급되는 온수의 적정 온도는 손장열⁽²⁾이 제시한 바닥표면 쾌적온도(30.7~33.3°C)를 기준으로할 때 재래식 온돌의 경우 50°C, 조립식 온돌의 경우 45°C가 적절한 것으로 나타났다.

3.2 재래식 온돌과 조립식 온돌에서 공급열량과 방열량의 비교

Fig.5(a)는 온수의 공급온도를 변화시켰을 때 재래식 온돌에 공급된 열량의 분포를 나타낸 것이다. 가열 초기에는 온수온돌 구조체가 상온으로 냉각되어 있기 때문에 공급되는 온수의 온도와 온돌 구조체의 온도차가 크므로 공급열량이 많게 되나

시간이 흐름에 따라 온돌구조체 내부에 축열이 진행되어 온돌구조체 내부의 온도가 상승하게 되고 온도차가 작아져 결국 정상상태에 이르게 된다. 기존온수온돌에서 정상상태에 근접하는 시간은 온수 공급온도에 관계없이 약 12시간 정도가 소요되었다.

공급온수온도의 변화에 대한 공급열량의 변화는 온도가 5°C 증가함에 따라 약 35~50kcal/h 정도 증가하고 있음을 보여주고 있다.

Fig.5(b)는 조립식 온돌의 공급열량 패턴을 보여주고 있다. 조립식 온돌은 구조적으로 축열능력이 거의 없기 때문에 재래식 온돌과는 달리 1시간 이내에 정상상태에 도달하여 공급열량에는 변화가 없음을 보여주고 있다.

재래식 온돌과 조립식 온돌의 방열량 비교를 위하여 온수공급온도가 45°C일 때의 단위시간당 방열량을 Fig.6(a) 및 Fig.6(b)에 나타내었다. 그림에 나타난 E-1~E-4는 Fig.3(a,b)에 나타난 방열량의 측정위치를 보여주고 있다.

재래식 온돌은 초기에 열량공급이 많은데 비하여 Fig.6(a)에 나타난 바와 같이 온수공급 후 약 10분이 지나서야 배관 직상부인 E-1으로 부터 방열이 시작되고 있으며 중앙부인 E-4는 온수공급 후 약 20분이 경과해서야 방열이 시작되고 있음을 보여주고 있다.

그리고 바닥으로 부터 방열이 시작되는 초기에 배관 직상부에서의 방열량 증가율은 다른 위치에서의 증가율보다 매우 크게 나타나고 있으며 전반적으로 정상상태에 근접하는데 약 12시간 정도 소요되었다. 이는 앞에서 언급한 Fig.4(a)의 표면온도 분포와 비교해 보면 그 경향이 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 또한 온수공급 후 10시간 정도가 경과한 후 배관 직상부와 중앙부에서의 방열량 차이는

Table 3 Floor surface temperature distribution by supplied hot water temperature (unit : °C)

Supply water Temp	Conventional Ondol				Prefabricated Ondol			
	FL-1	FL-6	Deviation	Avg.Temp	FL-1	FL-6	Deviation	Avg.Temp
45	31.1	28.3	2.8	29.5	32.1	30.6	1.5	31.2
50	33.8	29.6	4.2	31.5	34.6	32.4	2.1	33.3
55	36.0	31.3	4.7	33.4	36.6	34.6	2.0	35.5
60	38.0	32.5	5.5	35.0	39.0	36.6	2.4	37.6

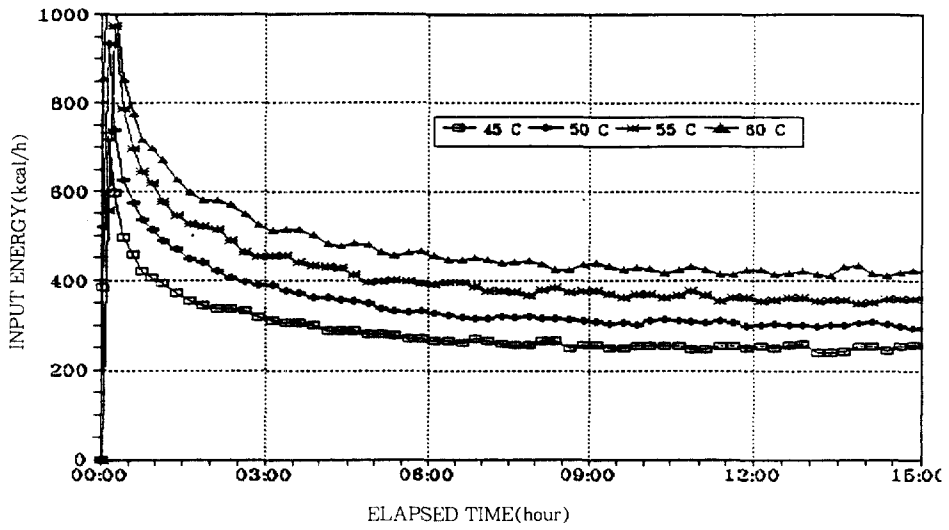


Fig.5(a) Supplied heat of conventional Ondol by the temperature variation of hot water

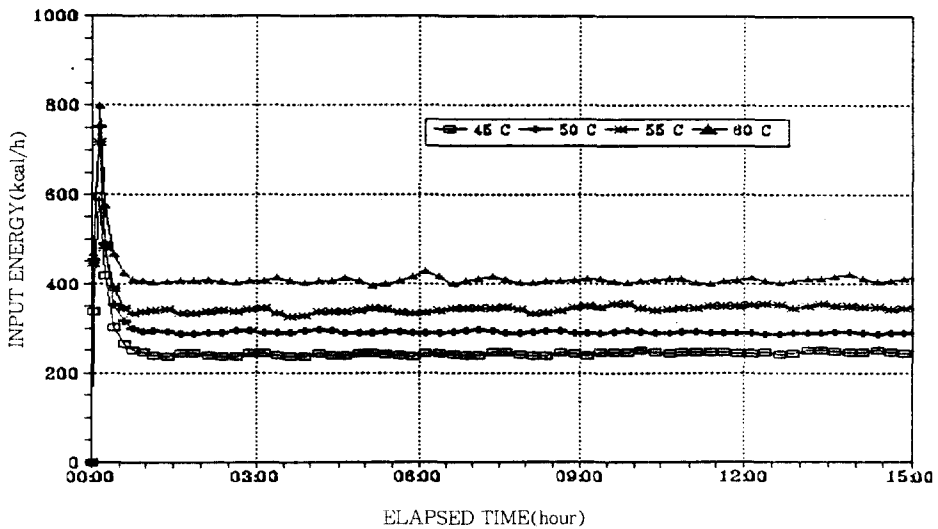


Fig.5(b) Supplied heat of Prefabricated Ondol by the temperature variation of hot water

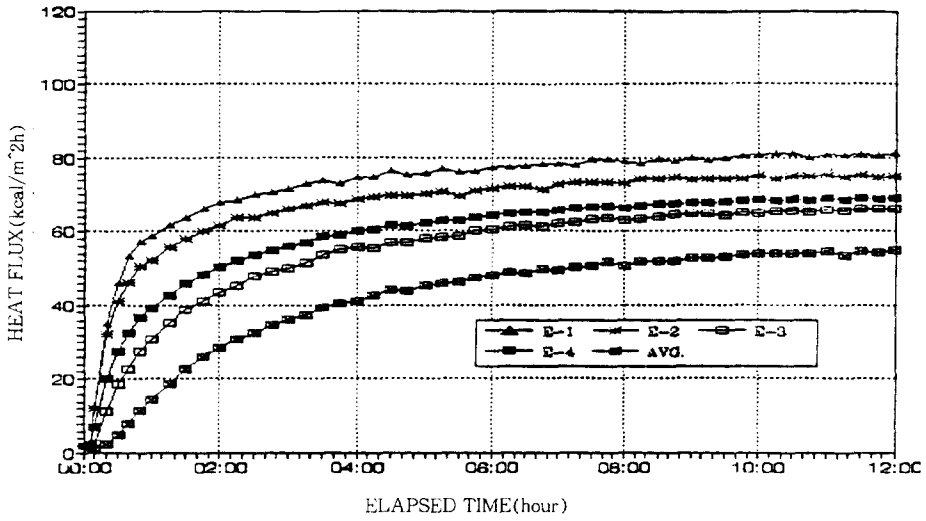


Fig.6(a) Heat flow rate per unit area of conventional Ondol at 45°C hot water supply

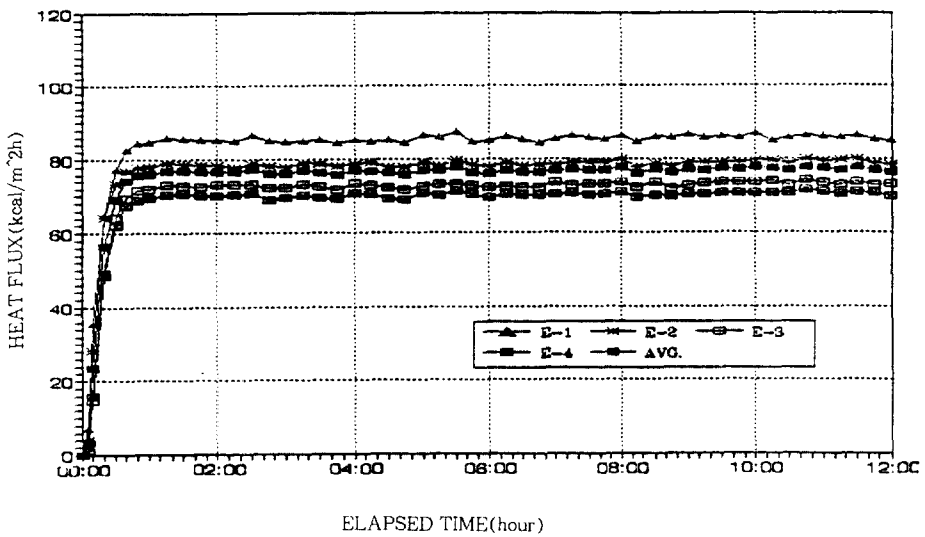


Fig.6(b) Heat flow rate per unit area of prefabricated Ondol at 45°C hot water supply

25.7kcal/mh 정도로 크게 나타나고 있음을 볼 수 있다.

Fig.6(b)는 조립식 온돌의 방열량을 나타낸 것으로 방열초기에는 Fig.6(a)에 나타난 재래식 온돌에 비하여 방열량 증가율이 매우 크고 정상상태에 도달하는 시간이 매우 짧으며 단위면적당 방열량도 증가되고 있음을 볼 수 있다. 또한 정상상태 도달 후의 평균방열량은 재래식 온돌과 비교하여 보면 10kcal/mh 정도 크게 나타나고 있으며 중앙부(E-4)의 방열량이 재래식 온돌에 비해 크게 나타나고 있어 방열상태가 양호함을 보여주고 있다.

Table 4는 온수공급온도를 변화시켰을 때 방열량을 요약하여 정량적으로 나타내었다. Table 4에서 보면 알 수 있듯이 공급온도가 높아질수록 평균 방열량이 증가하고 배관 직상부와 중앙부의 방열량 편차도 역시 증가하나 동일한 조건의 온수를 조립식 온돌에 공급할 경우의 방열량 편차는 재래식에 비해 약 1/2 정도이며 더 많은 열을 방열하고 있다.

이런 결과로 부터 재래식 온돌보다 조립식 온돌 쪽이 더 효과적으로 방열을 하고 있으며 동일한 열량을 필요로 할 경우 공급 온수온도를 5℃ 정도

낮출 수 있어 에너지 절약적인 측면에서도 유리함을 알 수 있다.

Table 5는 재래식 온돌과 조립식 온돌이 정상상태에 도달한 이후의 방열효율을 나타낸 것으로 방열효율은 온돌에 공급된 열량과 온돌 상부로의 방열량에 대한 백분률로 표시하였다.

재래식 온돌의 방열효율은 87.6~84.3%로 나타났고 조립식 온돌의 방열효율은 92.5~89.8%로 나타났으며 동일한 온도를 공급할 때 재래식 온돌에 비해서 조립식 온돌이 약 5% 정도 향상되는 것으로 나타났으며 전체적으로 90% 이상의 높은 방열효율을 보여주고 있다.

또한 온수공급온도가 높을수록 방열량은 증가되지만 방열효율은 감소하고 있으므로 난방시 필요이상으로 온수공급온도를 높여서 공급하는 것은 에너지 이용효율을 저하시키게 됨을 알 수 있다.

3.3 온수공급 중단 후의 재래식 온돌과 조립식 온돌의 방열특성 비교

Fig.7(a)는 상온 21℃로 냉각된 상태의 재래식 온돌에 50℃의 온수를 2시간 동안 공급한 후 중단했을 때의 공급열량과 방열량 및 바닥표면온도를

Table 4 Comparison of heat flow rates by supplied hot water temperature

(unit : kcal/mh)

Supply water Temp.(℃)	Conventional Ondol				Prefabricated Ondol			
	E-1	E-4	Deviation	Avg.output	E-1	E-6	Deviation	Avg.output
45	79.4	53.7	25.7	67.4	85.7	70.6	15.1	77.2
50	96.7	63.8	32.8	80.9	102.0	85.5	16.5	92.7
55	115.1	75.3	39.8	93.9	121.0	99.1	21.9	108.9
60	130.3	85.1	45.2	109.2	141.0	116.9	24.1	127.4

Table 5 Comparison of output ratio by supplied hot water temperature

Supply water Temp.(℃)	Conventional Ondol			Prefabricated Ondol		
	Input (kcal/mh)	Output (kcal/mh)	Efficiency (%)	Input (kcal/mh)	Output (kcal/mh)	Efficiency (%)
45	76.9	67.4	87.6	83.5	77.2	92.5
50	93.3	80.9	86.7	100.5	92.7	92.2
55	110.2	93.9	85.2	120.2	108.9	90.6
60	129.5	109.2	84.3	141.9	127.4	89.8

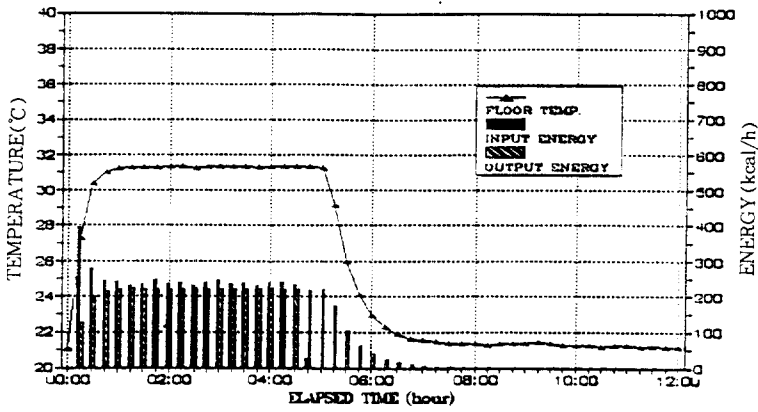


Fig.7(a) Variations of floor surface temperature and output energy in conventional Ondol(Input time : 2hour)

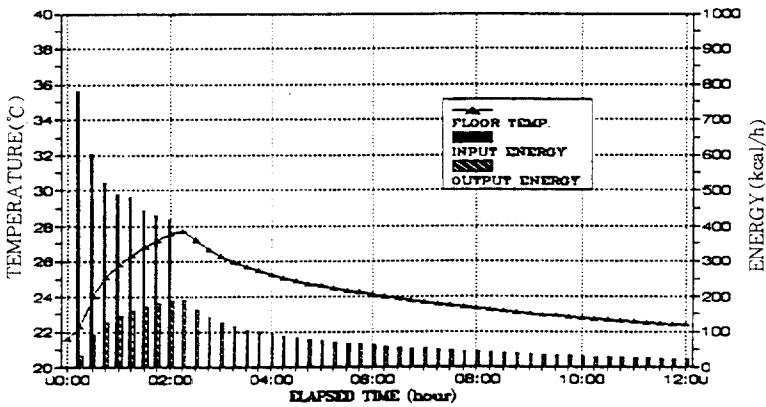


Fig.7(b) Variations of floor surface temperature and output energy in conventional Ondol(hot water temperature 45°C)

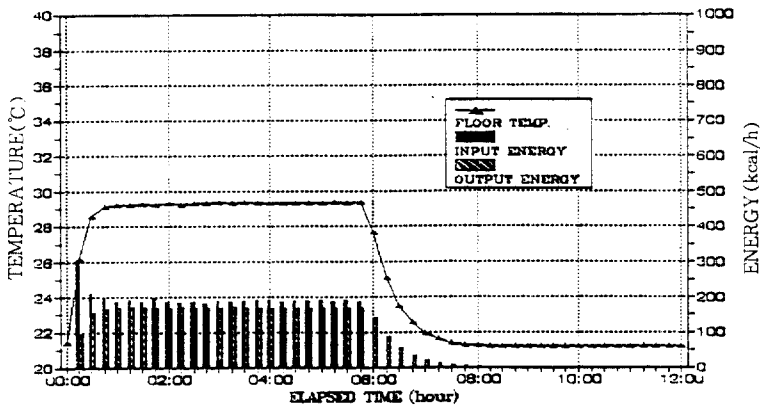


Fig.7(c) Variations of floor surface temperature and output energy in prefabricated Ondol(hot water temperature 40°C)

나타낸 것이다. 2시간 동안에 공급된 에너지량은 1,130kcal이었고 방열량은 온수공급을 중단하고 약 15분 후에 185kcal/h로 최고치를 나타낸 후 감소하기 시작하였다. 방열량의 감소는 온수공급 중단후 처음 2시간 동안에 약 절반수준인 85kcal/h로 줄고 그 다음부터는 서서히 감소하여 10시간이 지난 후에도 약 20kcal/h를 방열하고 있으며 미미한 방열은 약 48시간 지속되었다.

바닥표면온도는 역시 온수공급이 중단된지 15분 경과 후에 최고치인 약 28℃를 나타내었고 방열량과 같은 형태를 보여주고 있으나 온수공급을 중단한 후 2시간 정도 경과하면 바닥표면온도가 25℃ 이하로 내려감을 알 수 있다.

Fig.7(b,c)는 재래식 온돌에 2시간 동안 공급한 열량과 동일한 열량을 조립식 온돌에 공급하였을 때의 방열량과 바닥표면온도의 변화를 보여주고 있다. 조립식 온돌에서는 Table 2에서 보여준 바와 같이 재래식 온돌보다 온수공급온도를 낮게 유지하여도 비슷한 방열효과를 지니면서 에너지 절약효과가 있으므로 온수공급온도를 45℃ 및 40℃로 낮추어 재래식 온돌과 동일한 1,130kcal의 열량을 조립식 온돌에 공급할 때 45℃ 온수공급의 경우는 약 4시간 45분, 40℃ 온수공급의 경우는 5시간 45분 동안 지속적으로 열량을 공급할 수가 있었다.

방열량은 45분만에 약 210kcal/h 및 175kcal/h 정도에 도달하였으며 공급된 열량이 축열이 없이 거의 방열되고 있음을 보여주고 있다. 바닥표면온도는 온수공급후 30분만에 재래식 온돌에서 나타난 최고온도에 도달하였고 45분만에 최고온도인 31.3℃ 및 29.2℃까지 도달하였다. 따라서 공급열량이 동일할 경우 재래식 온수온돌보다 조립식 온돌 쪽이 균일한 실내온도를 유지할 경우 난방의 효과가 더 있음을 알 수 있으며 온수공급온도를 난방 부하에 대응하여 낮게 유지하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 기존 온수온돌과 한국에너지기술연구

소에서 개발 중인 다목적 조립식온돌에 대하여 전열특성 실험을 통해 열적특성을 규명하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 조립식 온돌은 재래식 온돌보다 전열이 양호하여 온수온도를 5℃ 정도 낮게 공급하여도 동일한 방열효과를 얻을 수 있다.

2) 재래식 온돌을 초기 21℃로 냉각된 상태에서 가열하여 정상상태에 접근하기 까지는 약 12시간 정도 소요되었으며 조립식 온돌은 약 45분만에 정상상태에 도달하였다. 따라서 조립식 온돌이 재래식에 비하여 부하대응능력이 큼을 알 수 있다.

3) 재래식 온돌의 방열효율은 87.6~84.3% 정도로 나타났고 조립식 온돌의 방열효율은 92.5~89.8%로 나타났으며 동일 온수온도를 공급할 때 조립식 온돌의 방열효율이 재래식 온돌에 비하여 약 5% 정도 향상된 것으로 나타났다.

4) 조립식 온돌은 온수공급온도를 낮게 유지하면서 공급시간을 늘릴 수 있어 실내온열환경 유지에 유리할 것으로 판단되며 난방공급패턴은 간헐난방보다 연속난방 방식으로 전환되어야 한다.

참 고 문 헌

1. 李台源, 1991, “輻射暖房 패널의 非正常熱傳達 및 性能解析에 관한 研究”, 고려대학교 博士學位論文
2. 윤용진, 1994, “불균등복사실내공간의 온열환경 평가에 관한 연구” 한양대학교 박사학위논문 pp. 33
3. 박상동외, 1992, “저가고효율난방시스템 개발연구”, 한국에너지기술연구소 연구보고서, pp. 46~51
4. 朴相東, 閔晶鉉외, 1993, “조립식온돌난방시스템의 열적특성에 관한 실험적연구”, 대한건축학회 논문집, 제9권 5호, pp. 59~66.
5. 朴相東, 閔晶鉉외, 1992, “온돌난방시스템의 전열특성 비교연구”, 대한건축학회논문집, 제8권 제2호, pp. 111~122.