

# 보일러 運轉條件 및 마감層 두께 變化에 따른 溫突暖房空間의 熱特性에 관한 實驗研究

An Experimental Study on the Heat Transfer Characteristics of a Ondol - Heated Space by Varying Pipe Embedding Depths and Hot Water Supply Conditions

朴 炳 倫\*  
Park, Byung Yoon  
孫 章 烈\*\*  
Sohn, Jang Yeul  
鄭 光 燮\*\*\*  
Chung, Kwang Seop

## Abstract

This study reports the results of the transient temperature response of a floor heating panel according to variation of the hot water supply temperature and the pipe embedding depth. Also, this experiment compares the temperature responses of floor heating panels under the continuous and intermittent heating system.

Furthermore, this study presents some details of the thermal response of Ondol-heated buildings to varying loads and patterns of heat input. The analysis of the thermal performance of Ondol heating system have been presented.

## I. 序 論

우리나라에서는 옛부터 傳統的인 住居用 暖房方式으로써 溫突이 주로 사용되어 왔다. 溫突은 輻射暖房方式으로서 快適한 室內環境을 조성할 뿐만

아니라 기타 난방방식에 비하여 비교적 낮은 실온에서도 충분한 열환경을 확보할 수 있고, 에너지 면에서도 經濟인 暖房方式으로 알려져 있다.

이러한 溫突은 여러단계의 時代別 變遷過程을 거쳐 오늘에 이르고 있으며, 현재는 온돌의 쾌적성을 살리고 난방방식을 現代化 한 것으로서 溫水循環 파이프를 바닥에 埋設하는 溫水溫突이 일반화 되어 있다. 그러나, 이에 대한 性能評價 등이 제대로 이루어지지 않은 실정인어서 많은 혼란과

\* 正會員, 漢陽大學校 大學院, 博士課程

\*\* 正會員, 漢陽大學校 建築工學科 教授, 工博

\*\*\* 正會員, 서울産業大學 建築工學科 副教授, 工博

問題점이 대두되고 있다.

本 研究에서는 温突의 熱環境 設計理論, 시스템 개발에 필요한 기초적인 資料의 提示를 위하여 温水供給溫度의 變化, 바닥構造體의 마감層 두께 變化 및 連續暖房·間歇暖房과 같은 보일러 運轉條件의 變化 등에 따른 温突暖房空間의 熱特性을 實驗的으로 比較·分析하였다.

## II. 實驗 概要

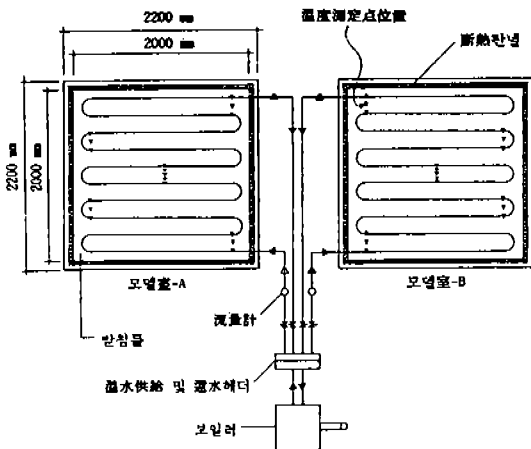
本 實驗은 서울 H大學內 既存建物の 내부에 특

별히 설계된 温突 實驗室( $2^W \times 2^L \times 2^H m$ )에서 수행하였다. 温突 實驗室은 <그림 1>과 같이 A室과 B室의 두개로 분리하여 설치하였으며, 實驗室은 外徑 15.88mm의 銅管을 200mm 간격으로 配列하고, 銅管 埋設 깊이는 A, B室 각각 4cm, 2cm로 하였다.

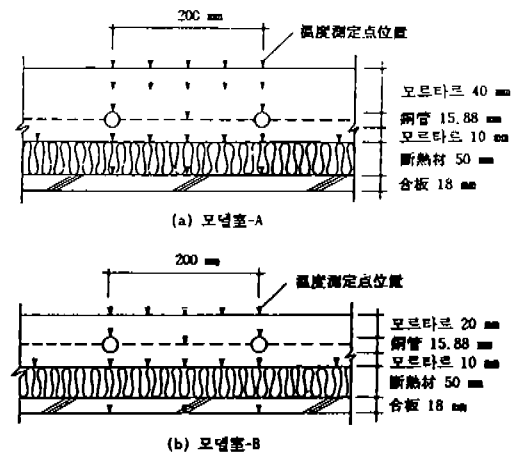
温突暖房空間의 熱特性을 파악하기 위하여 温突 實驗室 A, B의 바닥表面, 內·外壁 表面, 室內空氣 및 바닥構造體 境界층의 溫度를 Data Logger와 연결된 C-C熱電對(Copper-Constantan Thermocouples)를 이용하여 30분 간격으로 測定하였으며, <表 1>에 測定項目 및 方法을 나타낸다.

<表 1> 測定項目 및 方法

測定項目	測定點 位置 및 個數	測定機器 및 記錄
外氣溫度	東側, 北側(中央點)	* 溫度
內·外部 表面溫度	天障	Sensor : 銅——콘스탄탄 ( $\phi 0.3mm$ ) 熱電對
	內壁	* 測定 및 記錄
	外壁	DATA LOGGER
	바닥表面	YODAC——85S
	바닥構造體	
	바닥슬래브	
溫水溫度	溫水供給 및 還水部 : 2點	* 流量 : 手動記錄
供給流量	還水部——2點	(溫水미터기——0.1리터 單位)
氣流速	各壁體附近의 室中央	Hybrid Anemometer



<그림 1> 温突 實驗室의 配管系統圖

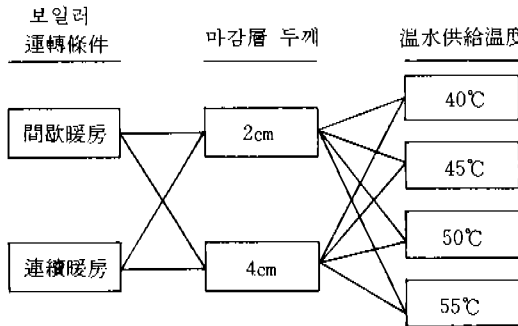


<그림 2> 모델室의 바닥斷面 詳細圖 및 測定點 位置

壁體表面溫度는 各 壁體 中央의 內外表面, 바닥表面溫度는 <그림 1>에서와 같이 配管 直上部와 中間部에서 측정하였다. 바닥구조체 內部溫度는 <그림 2>와 같이 A, B室 각각 22個 位置에서 측정하였다.

室內溫度는 垂直變化를 把握하기 위하여 室中央의 바닥과 天障表面으로부터 각각 0, 1, 3, 5, 10, 30, 100cm 떨어진 곳에서 측정하였으며, 또한 水平溫度의 分布를 파악하기 위하여 바닥面 1m 높이의 各 方位別 壁體表面에서 0, 1, 3, 5, 10, 30cm 떨어진 곳에서 測定하였다.

한편, 各 溫突 實驗室에 공급된 熱量을 파악하기 위하여 溫水供給溫度와 環水溫度를 측정하고, 온수공급관에 流量計를 설치하여 유량을 측정하였다. 溫水供給溫度는 40℃, 45℃, 50℃, 55℃로 하였으며, 보일러 運轉條件은 各자의 條件에 대하여 36時間 연속적으로 난방하는 경우와 2시간 暖房後 4시간동안 보일러 運轉을 停止하는 과정을 3회 반복하는 間歇暖房으로 하였다. <그림 3>은 實驗條件의 組合을 나타낸 것으로 총 16가지 條件下에서 實驗을 하였다.



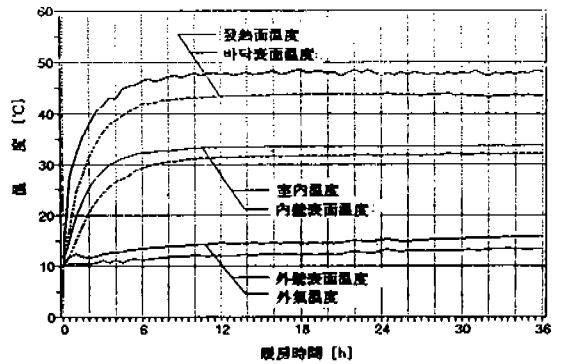
<그림 3> 溫突 實驗室의 實驗條件의 組合

### Ⅲ. 實驗結果 및 考察

#### 1. 溫突 實驗室의 溫度變化

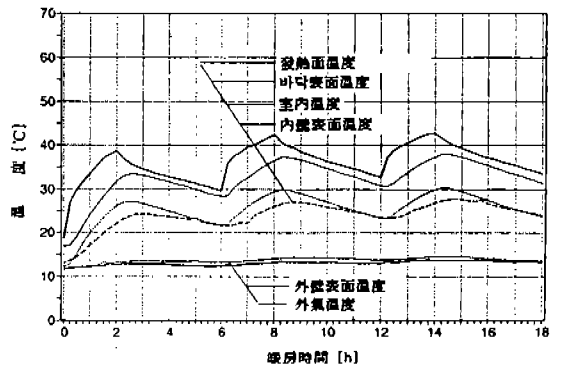
連續暖房時 溫水供給溫度 55℃일 때 마감層 두

께가 4cm인 모델 A室의 主要 測定點 溫度變化를 나타내면 <그림 4>와 같다. 室內溫度는 外氣溫度가 11.7℃~13.15℃의 범위에서 變化할 때 暖房開始後 급격히 상승하고 6시간후부터는 32.27℃에서 안정된 값을 보인다. 發熱層溫度, 바닥表面溫度, 內壁表面溫度 및 外壁表面溫度도 室內溫度와 비슷한 양상을 보이며 平均溫度는 각각 45.34℃, 41.50℃, 29.51℃, 13.57℃로 定常狀態에 到達함을 알 수 있다.



<그림 4> 連續暖房時 모델 A室의 溫度變化 (溫水供給溫度 55℃)

또한, 間歇暖房時 溫水供給溫度 55℃일 때 모델 A室의 主要 測定點 溫度變化는 <그림 5>와 같다.

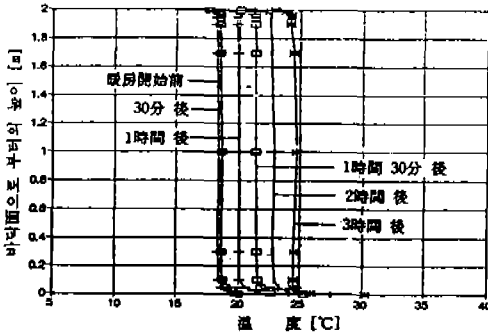


<그림 5> 間歇暖房時 모델 A室의 溫度變化 (溫水供給溫度 55℃)

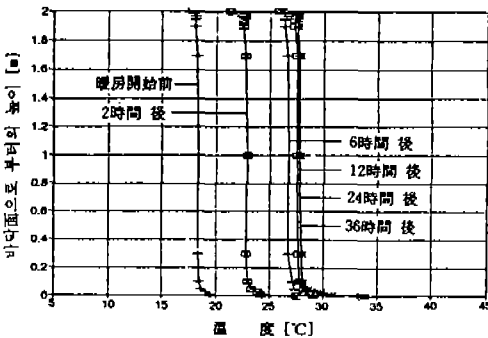
外氣溫度와 外壁表面溫度는 溫水供給溫도와 관계없이 거의 일정한 값을 보이고 있으나, 溫수의 영향을 받는 發熱層溫度, 바닥表面溫度, 室內溫度, 內壁表面溫度, 室內溫度, 內壁表面溫度는 蓄熱層 두께의 영향을 받아 發熱層溫度보다 약간의 時間遲延이 나타남을 알 수 있다.

## 2. 室內垂直溫度變化

〈그림 6〉, 〈그림 7〉은 溫水供給溫度 45°C일 때 暖房開始後 시간변화에 따른 모델 A室의 실내垂直溫度變化를 나타낸다. 室內垂直溫도의變化는 바닥면이 가장 높고, 천장면으로 갈수록 약간씩 낮



〈그림 6〉 暖房開始後 모델 A室의 室內垂直溫度變化(1) (溫水供給溫度 45°C)

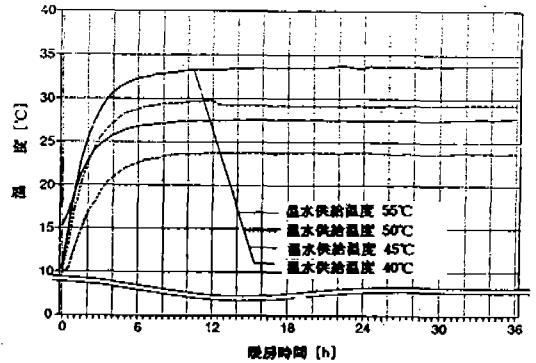


〈그림 7〉 暖房開始後 모델 A室의 室內垂直溫度變化(2) (溫水供給溫度 45°C)

게 나타나고 있다. 〈그림 6〉에서 보면 暖房을 시작할 때 室內溫度는 18.4°C에서 시간이 0.5h, 1.0h, 1.5h, 2.0h, 3.0h 지남에 따라 각각 18.7°C, 20.3°C, 21.8°C, 23.2°C, 24.8°C를 나타내며, 바닥에서 천장까지의 변화는 비슷한 傾向을 보인다. 이러한 경향은 〈그림 7〉에서도 나타나고 있으나 난방공급시간이 12시간을 넘으면 溫度變化는 거의 없는 것을 확인할 수 있다.

## 3. 溫水供給溫도에 따른 室溫變化

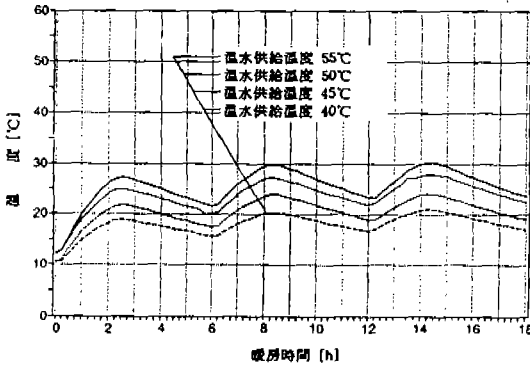
連續暖房時 溫水供給溫도에 따른 溫突 實驗室의 室溫變化를 나타내면 〈그림 8〉과 같다. 그림에서



〈그림 8〉 溫水供給溫도에 따른 모델 A室의 室內溫度變化 (連續暖房)

와 같이 平均室溫은 溫水溫度 50°C일 때 약간 불균칙적인 面을 보이고 있지만, 溫水溫度를 5°C씩 增加할 때마다 약 3.5~4°C 정도 上昇하는 變化를 보이고 있어, 室溫은 溫水供給溫度가 增加함에 따라 比列적으로 上昇하고 있음을 알 수 있다. 또한, 暖房을 시작한 後 6時間까지는 급격한 溫度上昇曲線으로 나타나고 있으나, 그 時間以後부터는 暖房時間이 계속됨에 따라 완만한 溫度上昇曲線 形態로 나타남으로써 안정된 室溫分布를 보여주고 있다. 또한, 〈그림 9〉는 間歇暖房時 溫水供給溫도에 따른 溫突實驗室의 室溫變化를 나타낸 것이다. 이

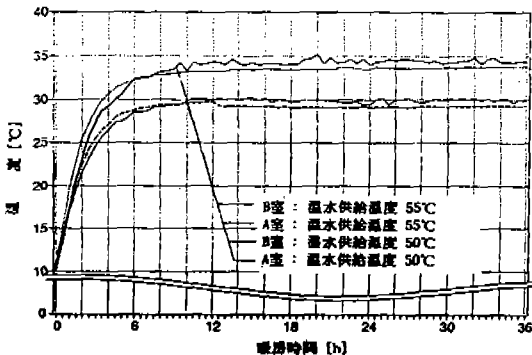
경우 平均室温은 温水温度를 5℃씩 增加할 때마다 대략  $2.5 \pm 1^\circ\text{C}$  정도 上昇하는 것으로 나타나고 있으며, 温水가 供給되고 中斷되는 경우가 반복되기 때문에 室温分布는 周期的인 變化를 보이고 있을 뿐 아니라 最高·最低温度의 偏差도  $4 \sim 7^\circ\text{C}$  정도로 크게 나타나 室温分布가 불안정한 面을 보여주고 있다.



〈그림 9〉 温水供給温度에 따른 모델 A室의 室内温度 變化 (間歇暖房)

#### 4. 마감層 두께에 따른 室温變化

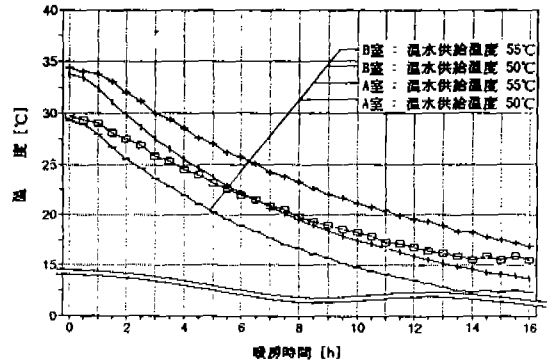
連續暖房時 마감層 두께에 따른 室温變化를 나타내면 〈그림 10〉과 같다. 그림에서 알 수 있는 바



〈그림 10〉 連續暖房時 温突 實驗室의 室内温度 變化 (温水供給温度 50, 55℃)

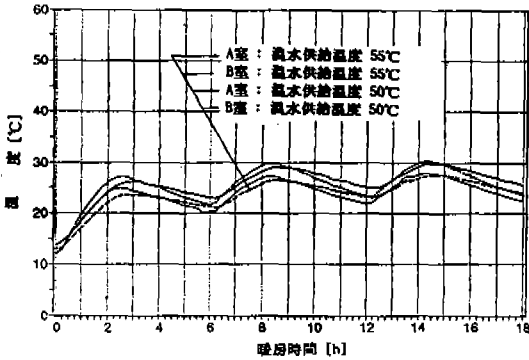
와 같이, 暖房을 시작한 後 6~10時間 정도까지는 마감層의 두께가 2cm로 얇은 B室이 4cm로 두꺼운 A室보다 더 빠른 室温上昇速度를 나타내고 있지만, 그 時間 以後 부터는 반대로 A室의 室温이 B室보다 다소 높아지면서 거의 定常狀態에 도달하고 있다. 이것은 마감層의 두께가 두꺼운 A室이 두께가 얇은 B室보다 바닥構造體의 蓄熱容量이 더 크기 때문에 나타난 結果로 思料된다.

〈그림 11〉은 連續暖房時 温水供給을 中斷한 後 温突 實驗室의 室温變化를 나타낸 것이다. 마감層의 두께가 두꺼운 A室과 얇은 B室에 대한 室内温度의 降下速度는 B室의 경우가 A室보다 室温 降下度가 더 크다. 이것은 暖房이 停止된 後에도 B室의 室温이 A室의 室温보다 더 빠르게 식고 있다는 것을 의미하고 있다.

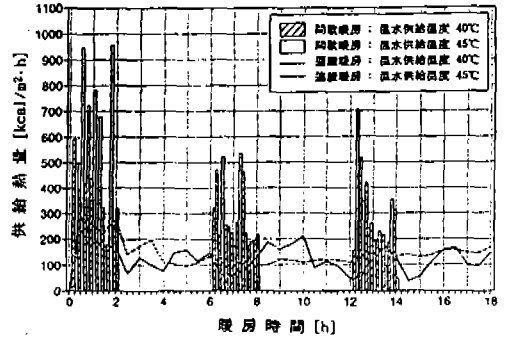


〈그림 11〉 暖房停止後 温突 實驗室의 室内温度 變化 (温水供給温度 50, 55℃)

한편, 〈그림 12〉는 間歇暖房時 마감層 두께에 따른 室温變化로서 間歇暖房의 特性인 週期的인 室温變化를 나타내고 있어 室温分布가 불안정한 面을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한, 温水가 供給되는 동안에는 마감層의 두께가 얇은 B室의 室温이 두꺼운 A室보다 빠르게 上昇하고 있지만, 温水供給이 中斷되었을 때는 B室이 A室보다 温度降下度가 더 크게 나타나고 있다.



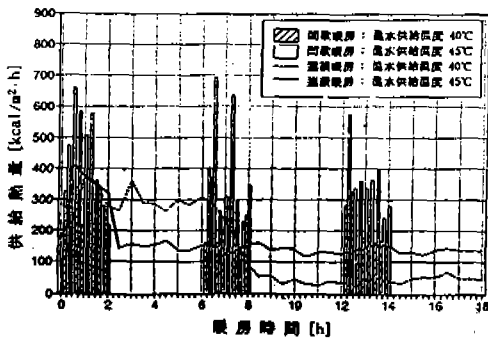
〈그림 12〉 間歇暖房時 溫突 實驗室의 室內溫度變化 (溫水供給溫度 50, 55°C)



〈그림 14〉 모델 A室의 連續 및 間歇暖房에 따른 供給熱量 變化 (溫水供給溫度 40, 45°C)

### 5. 供給熱量的 變化

〈그림 13〉, 〈그림 14〉는 溫水供給溫度的 變化, 連續 및 間歇暖房에 따른 모델 A室의 供給熱量變化를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 溫水供給初期에 供給熱량이 크게 나타나고, 시간이 경과함에 따라 약간의 變動을 보이면서 減少하는 경향이 나타남을 알 수 있다. 또한, 溫水供給溫도와 관계 없이 마감層의 두께가 두꺼운 모델 A室이 B室보다 공급열량이 크게 나타난다. 이와같이 마감層 두께가 두꺼운 경우에 보다 많은 熱量을 供給하여야 하는 이유는 溫突 바닥構造體의 蓄熱 때문인 것으로 思料된다.



〈그림 13〉 모델 A室의 連續 및 間歇暖房에 따른 供給熱量 變化 (溫水供給溫度 40, 45°C)

### IV. 結 論

本 研究에서는 溫水配管 上部의 마감層 두께 變化和 溫水供給溫度, 間歇 및 連續暖房과 같은 보일러 運轉條件의 變化에 따른 溫突暖房空間의 熱特性을 實驗的으로 比較·分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 連續暖房인 경우 室溫變化는 매우 안정적으로 나타나지만, 間歇暖房인 경우에는 변화폭이 크게 나타나 連續暖房方式이 間歇暖房方式보다 室溫 및 바닥表面溫度面에서 均등한 분포를 나타내고 있어 보다 쾌적한 室內環境을 유지할 수 있을 것으로 思料된다.

2) 바닥表面에서 天障까지의 온도분포는 거의 均등한 上下溫度分布를 보이고 있으며, 시간이 흐르면서 室內垂直溫度分布 곡선은 온도가 상승하면서 平行 이동하고 있는 것으로 나타났다.

3) 마감層의 두께가 얇은(2cm) 경우 두꺼운(4cm) 경우보다 바닥表面 및 室溫은 높게 나타나지만, 溫水의 직접적인 영향으로 溫水供給을 중단할 때에는 두꺼운 경우보다 室溫 및 바닥表面溫度의 下降速度가 더 크게 나타나고 있는데, 이는 바닥構造體의 蓄熱容量 差異때문으로 생각된다.

4) 마감層의 두께가 얇으면 두꺼운 경우보다 供給熱량이 적으며, 또한 바닥表面 및 室溫은 다소

높게 나타나 負荷에 대한 신속한 대응을 할 수 있고 바닥구조체 荷重減少 등의 효과를 기대할 수 있지만, 蓄熱性能의 弱화로 인해 蓄熱面에서는 두꺼운 경우보다 불리한 것으로 評價되었다.

### 參 考 文 獻

1. 김종수, 심야전력을 이용한 축열식 바닥난방시스템의 연구, 공기조화·냉동공학회 하계학술대회, 1990년 8월.
2. 宇田川光弘, ハソコンによる空氣調和計算法, オーム社, 1986.
3. 伊藤直明, 輻射暖房時の室温について, 日本建築學會大會學術梗概集, 1976. 10 : 4223.
4. 永村一雄, 住宅の温度性能に關する研究, 日本建築學會大會學術梗概集, 1986. 8 : 4440.
5. 水野宏道, 坂原一浩, 放熱量とパネル内部温度分布の精度(パネルヒティングに關する研究 : 第1報), 日本 空氣調和・衛生工學會學術發表論文集, 1987年 10月.
6. ASHRAE Handbook, Systems Volume, 1984.
7. M.N. Ozisik, Heat Conduction, John Wiley and Sons, 1980.