

蓄熱型 電氣溫突의 暖房特性和 振動騒音 除去에 關한 實驗的 研究

기술보고
22~2~1

An Experimental Research on the Heating Characteristics and the Elimination of Noise in Electric Ondol for Off-Peak Storage Use

현경호*, 오명환**, 채성기***
(Kyung Ho Hyun, Myoung Hwan Oh, Sung Ki Chai)

Abstract

The focus of this study is placed on the optimum design method for an automatically controlled electrically heated ondol system, which has been proposed as a mean to utilize electric power during off-peak period. Especially effectiveness analysis of the various heat insulators placed under the electrical heating elements has been conducted by measuring the temperature of the room and the electric power consumed.

Results proved the effectiveness of the underfloor heat insulators and heat-resistive foamed-polystyrene is recommended for the insulators.

It is also found that the electromechanical vibration noise can be attenuated down to an inaudible level by putting the diagonal spacers at 1 meter intervals.

要 約

本 研究에서는 電氣溫突의 暖房熱損失을 減少시키고 蓄熱效果를 向上시키기 위한 方法을 檢討하였으며 電氣溫突에서 發生하는 振動騒音을 減殺시킬 수 있는 對策을 提示하였다. 蓄育들은 6.6[m²] 크기의 電氣溫突 Model을 利用하여 建物の 構造差異와 下向熱斷熱層의 設置有無에 따른 保溫特性의 差異를 記錄分析하였으며 그 結果 熱傳導係數가 0.03[kcal/m.hr°C] 程度인 耐熱性 Styropol과 蛭石 Mortar로 構成된 下向熱斷熱層을 電氣溫突의 바닥에 設置할 경우 暖房負荷의 減少로 因하여 蓄熱效率이 約 2倍나 向上된다는 結論을 얻었다. 또한 電氣溫突工事時에 發熱線을 支持할 수 있는 對角線型 Spacer를 設置하고 發熱線이 埋設콘크리트가 完全히 養生된 以後에 電力을 印加하던 흔히 電氣溫突에서 發生하는 120~960[Hz]의 可聽振動騒音을 防止할 수 있다는 事實을 實驗的으로 확인하였다.

1. 序 論

電氣暖房方式은 在來式 煉炭溫突이나 油類燃燒式 溫

水溫突과 달리 暖房公害가 없고 使用하기에 편리하므로 暖房負荷가 적은 建物이나 住宅의 경우에는 가장 이상적이고 효율적인 暖房方式이다.

本 研究의 對象인 電氣溫突은 일종의 Panel式 輻射 暖房¹⁾(Radiant Heating)으로서 在來式 溫突을 電氣化한 것이라고 볼 수 있으며 흔히 케이블暖房²⁾(Imbe-

* 정희원 : 국방과학연구소 부소장(공학박사)

** 정희원 : 한국과학기술연구소 전기기기연구실 연구원

*** 정희원 : 한국과학기술연구소 전기기기연구실 연구원

ded Cable Heating)이라고도 불리워 진다. 電氣溫突과 같은 電氣床暖房³⁻⁵⁾(Electric Floor Heating)의 長點은 Williams⁶⁾와 Essen⁷⁾이 研究 발표한 바와 같이 蒸氣라디에이터(Steam Radiator)나 電氣暖爐(Electric Stove)와 같은 空間暖房方式(Space Heating System)보다 인간의 발을 따뜻하게 하여주는 반면 머릿부분을 서늘하게 유지시켜 주기 때문에 人體生理學의 으로 볼 때 훨씬 편안하고 爽쾌한 暖房氛圍를 느끼게 한다는 사실이다. 물론 이와같은 長點 이외에도 電氣床暖房은 暖房器具의 空間占有率⁸⁾이 없으며 暖房源(Heating Source)의 溫度가 비교적 낮기 때문에 외국에서는 어린이방이나 침실 및 주방에 많이 이용되고 있으며 특히 暖房空間이 넓은 工場⁹⁾이나 幼稚園¹⁰⁾ 및 教會¹⁰⁾ 등의 暖房方式으로 널리 普及되어 있다.

電氣溫突에 관한 研究實例로서는 1971年末에 韓電電力株式會社의 박석탁·최진하¹¹⁾가 在來式 구들위에 蛭石粉末(Vermiculite Powder)과 石棉粉末(Asbestos Powder)을 下向熱 斷熱材로 설치하고 水泥트르탈(Cement Mortar)속에 發熱線을 埋設하여 非蓄熱型 電氣溫突에 관한 溫度特性實驗을 행한 바 있으며 1972년에는 현경호·오명환·백승호¹²⁾가 電氣溫突의 設計方法 및 標準仕樣에 관한 技術檢討結果를 발표한 바 있다.

本 研究는 韓國電力株式會社에서 用役依賴한 電氣溫突의 實用化 研究結果로서 著育들은 2坪 크기의 모델 하우스(Model House) 및 1[m²] 크기의 溫突모델에 대한 暖房特性과 騒音特性을 各各 實驗하였다. 그結果 電氣溫突에 耐熱性 發泡스티로폴¹³⁾(Foamed-Styropol) 下向熱 斷熱材를 設置하고 그 위에 深夜蓄熱用 重量콘크리트와 金屬放熱板을 構成한 경우 電氣溫突의 蓄熱效果和 放熱特性이 크게 向上될 수 있음을 理論 및 實驗의 으로 立證하였다. 또한 著育들은 電氣溫突모델에 대한 機械的 振動實驗을 통하여 電氣溫突의 振動騒音を 크게 감소시킬 수 있는 工事方法을 提示하는 한편, 電氣溫突과 燃燒式 溫突에 대한 經濟性 檢討를 통하여 電氣溫突의 暖房費가 現用 油類燃燒式 溫水溫突 보다 는 約 20%나 經濟的임을 確認하였다.

2. 理論的 考察

가. 基礎理論

一般的으로 建物の 暖房負荷는 建築構造物을 통한 傳導熱損失과 外氣의 室內侵入으로 인한 換氣損失로 大別할 수 있다. 또한 傳導熱損失은 構造物의 天井과 壁體를 통하여 外氣로 放散되는 熱損失과 방바닥을 통하여 地下로 빼앗기는 下向熱損失로 나눌 수 있으며 이

들은 모두 室內外의 溫度差와 構造物의 熱貫流率에 比例한다. 한편 換氣損失은 室內外의 溫度差와 單位 時間當 平均換氣回數에 比例한다.

暖房負荷의 單位는 時間當 損失熱量[kcal/hr]으로서 變數들과의 函數關係는 다음과 같다.

$$H = H_c + H_v \tag{1}$$

但 $\begin{cases} H: \text{暖房負荷[kcal/hr]} \\ H_c: \text{傳導熱損失[kcal/hr]} \\ H_v: \text{換氣熱損失[kcal/hr]} \end{cases}$

$$H_c = \sum h_c = \sum K_t \cdot A_t \cdot (T_i - T_o) \tag{2}$$

$$H_v = C \cdot Q \cdot (T_i - T_o) \tag{3}$$

但 $\begin{cases} h_c: \text{壁과 天井 및 窓門 等の 傳導에 依한 熱損失 [kcal/hr]} \\ K_t: \text{建物の 總 平均貫流率[kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C]} \\ A_t: \text{放熱面積[m}^2\text{]} \\ T_i, T_o: \text{室內, 室外의 溫度[°C]} \\ C: \text{空氣의 容積比熱[kcal/m}^3 \cdot \text{°C]}, \text{常溫에서 約 } 0.29[\text{kcal/m}^3 \cdot \text{°C]} \\ Q: \text{單位 時間當 換氣量[m}^3\text{/hr]} \end{cases}$

式(2)에서 總 平均熱貫流率 K_t 는 式(4)로부터 산출되며 天井과 지붕을 통한 熱貫流率 \bar{K} 는 建物の 地붕이 傾斜를 이루고 있을 경우 式(5)에서 求할 수 있다.

$$K_t = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{l_i}{\lambda_i} + \sum \frac{l_a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_o}} \tag{4}$$

但 $\begin{cases} \alpha_i: \text{壁體內面의 表面熱傳達率[kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C]} \\ l_i: \text{構造物의 두께[m]} \\ \lambda_i: \text{構造物의 熱傳導率[kcal/m} \cdot \text{hr} \cdot \text{°C]} \\ l_a: \text{空氣層의 두께[m]} \\ \lambda_a: \text{空氣의 熱傳導率[kcal/m} \cdot \text{hr} \cdot \text{°C]} \\ \alpha_o: \text{壁體外面의 表面熱傳達率[kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C]} \end{cases}$

$$\bar{K} = \frac{1}{\frac{1}{K_t} + \frac{1}{n \cdot K_r}} \tag{5}$$

但 $\begin{cases} K_t: \text{天井의 熱貫流率[kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C]} \\ K_r: \text{지붕의 熱貫流率[kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{°C]} \\ n = \frac{A_r}{A_t}: A_r \text{은 지붕의 넓이[m}^2\text{]} \\ A_t \text{는 天井의 넓이[m}^2\text{]} \end{cases}$

한편 渡邊·柳町·井上¹⁴⁾의 발표결과에 의하면 이와 같이 理論的으로 計算된 建物の 暖房負荷의 크기는 實際의 暖房負荷와 相異하다. 그 이유는 建物壁體의 경우 동일한 構造를 갖는 壁이라도 方向에 따라서 日照量과 風速이 다르므로 方位割増係數를 考慮해야 하기 때문이다. 뿐만아니라 暖房場所의 暖房時間이 間歇의 일 경우에는 間歇暖房係數를 考慮하여야 하며 또한 不定期暖房일 경우에는 豫熱負荷를 考慮하여 不定期暖房割増係數를 算한 만큼 暖房負荷를 增大시켜야 한다.

式(6), 式(7), 및 式(8)은 暖房負荷와 諸割増係數와의 函數關係로서 電氣溫突의 暖房負荷計算은 式(7)을 이용하는 것이 妥當하다.

繼續暖房時: $H = H_c(1 + P_1) + H_v$ (6)

間歇暖房時: $H = H_c(1 + P_1 + P_2) + H_v$ (7)

不定期暖房時: $H = H_c(1 + P_1 + P_3) + H_v$ (8)

但, P_1 : 方位割増係數(表1의 經驗值 參照)

P_2 : 間歇暖房割増係數(表2의 經驗值 參照)

P_3 : 不定期暖房割増係數(經驗值에 依하면 約 0.4~0.6임)

表 1. 方位割増係數의 經驗值

Table 1. Some experienced value of extra coefficient vs. directions.

方位別	割増係數
北, 北西向의 窓, 地下, 最下層床	0.15~0.20
北東向의 外壁 및 窓	0.15
東西向의 外壁 및 窓	0.10
南東, 南西向의 外壁 및 窓	0.05
南向의 壁窓, 間壁 및 窓	0~0.05

表 2. 間歇暖房割増係數의 經驗值

Table 2. Some experienced value of extra coefficient vs. intermittent heating

構造別	間歇暖房割増係數
石 造, 기 와 집	0.15~0.20
콘 크 리 트 造	0.10~0.20
木 造	0.03~0.05

나. Model House의 暖房負荷算出

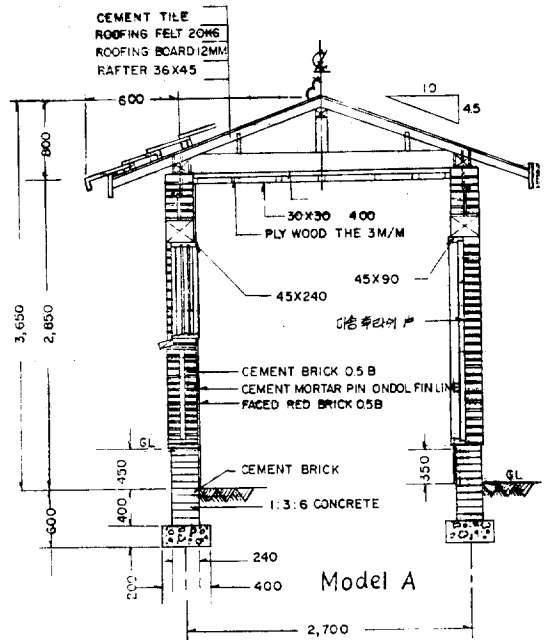
電氣溫突 實驗用 Model House A와 Model House B에 대한 構造上의 特徵 및 設計値는 表3과 그림 1에 나타나 있다. 表 4는 前述한 바와 같은 理論에 의하여

表 3. 電氣溫突 實驗用 Model House

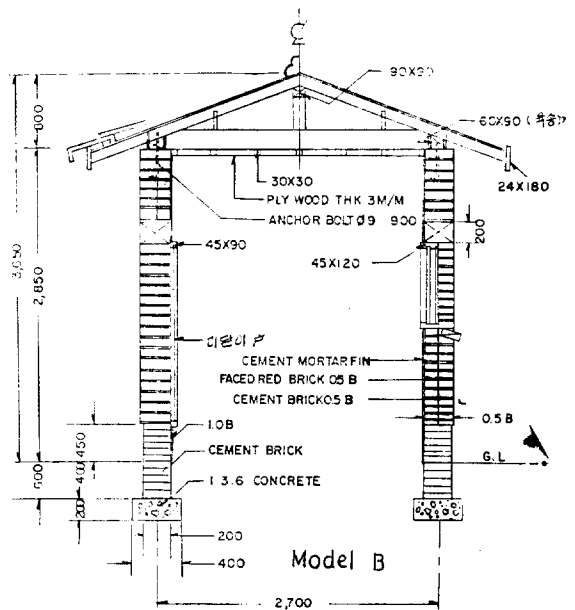
Table 3. Model house for electric ondol experiments.

形態	Model A	Model B
壁	2重壁	單重壁
天 井	斷熱材使用	斷熱材없음
窓 門	2重窓	單重窓
門	洋式 Door	韓式미닫이
바 닥	斷熱材使用	斷熱材없음
建築費	約 60,000원/坪	約 52,000원/坪

Model House A와 Model House B에 대한 暖房負荷計算結果이며 그 算出根據 및 算出過程은 附錄1과 附錄2에 表示되어 있다.



SECTION SCALE 1/40



SECTION SCALE 1/40

表 4. Model House의 暖房負荷算出結果

Table 4. Heating load calculation of model house

負荷種類 (方位別)	Model House A				Model House B				
	Q_1 [Kcal/ hr°C]	$\Delta t=15$	$\Delta t=20$	$\Delta t=31.9$	Q_1 [Kcal/ hr°C]	$\Delta t=15$	$\Delta t=20$	$\Delta t=31.9$	
東 壁	16.9	254	338	540	16.9	254	338	540	
西 壁	16.9	254	338	540	16.9	254	338	540	
南 壁	13.7	205	274	437	21.5	322	430	686	
北 壁	15.9	238	318	508	23.1	346	462	738	
天井·지붕	4.25	64	85	136	13.8	207	276	440	
換 氣	6.79	102	136	216	9.0	135	180	287	
下向熱	$\Delta t'(*)$		$\Delta t'=36$	$\Delta t'=40$	$\Delta t'=43$		$\Delta t'=36$	$\Delta t'=40$	$\Delta t'=43$
	損失量	2.4	86	96	103	9.5	342	380	408
總暖房負荷 [kcal/hr]		1203	1585	2480		1860	2404	3639	

* 註: $\Delta t'$ 는 電氣溫突과 冬季地中溫度와의 溫度差임.

다. 電氣溫突의 電力容量算定

Model House A와 Model House B의 電氣溫突에 대한 所要電力量은 1[KWH]=860[Kcal]의 關係式을 이용하여 表 4에 算出된 各各의 暖房負荷에 따라 算定 하였으며 그 計算結果는 表 5와 같다.

表 5. 電氣溫突의 所要電力量

Table 5. Required electric power capacity for electric ondol heating

負 荷	Model House A			Model House B		
	$\Delta t=15$	$\Delta t=20$	$\Delta t=31.9$	$\Delta t=15$	$\Delta t=20$	$\Delta t=31.9$
總暖房負荷 [Kcal/hr]	1203	1585	2480	1860	2404	3639
所要電力 [KW]	1.40	1.84	2.88	2.16	2.80	4.23

3. 實 驗

가. 電氣溫突의 設計 및 工事

查 研究課程에서는 電氣溫突의 建物構造와 斷熱層의 有無에 따른 방바닥온도와 室溫의 變化特性을 調査하기 위하여 Model House A와 Model House B에 共히 2[KW] 용량의 電氣溫突을 設置하였으며 發熱線으로서는 日本 松下製 耐熱性 Vinyl 溫床線 [200V-용 1KW용량 各 2組]을 使用하였다.

그림 2와 그림 3은 Model A 電氣溫突의 平面設計圖와 斷面圖이며 Model B 電氣溫突의 경우에는 下向熱 斷熱層인 蛭石 Mortar과 스티로폴이 設置되지 않았을

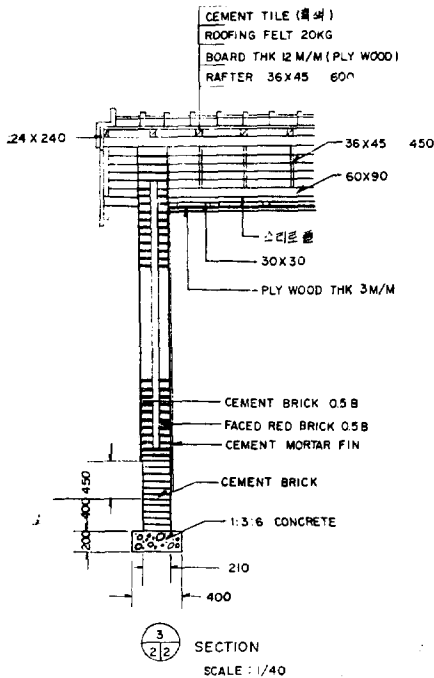


그림 1. Model house 설계
Fig. 1. Plan for model house

본 모든 構造가 Model A 電氣溫突과 同一하다. 그림 4는 Model A 電氣溫突과 Model B 電氣溫突의 溫度調節 및 保護回路이다.

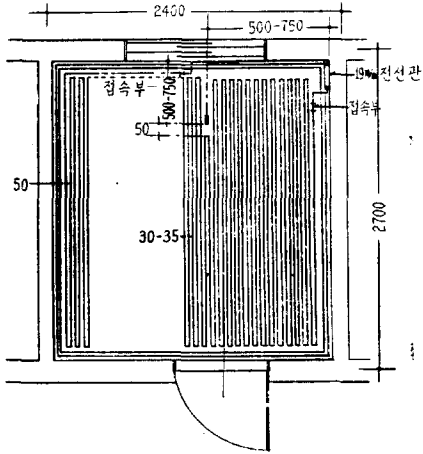
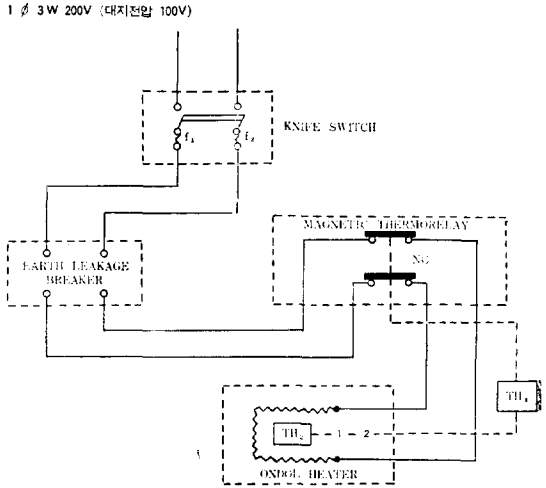


그림 2. Model A 전기온돌의 평면설계
Fig. 2. Plan for Model A Electric ondul.



f_1, f_2 : 과전류 보호용 fuse
 TH₁: room thermostat
 TH₂: floor
 NC: normal closed
 ①, ②: 온도 fuse

그림 4. 전기온돌의 온도조절 및 보호회로
Fig. 4. Temperature control and leak detection circuit for Electric ondul

으며 電氣溫突의 工事期間은 約 72時間이 所要되었다. 또한 그림 6은 電氣溫突의 機械的 騒音을 測定하기 위하여 設計製作된 1[m²]크기의 두께 10[cm]인 溫突 Model로서, 著者들은 그림에서 볼 수 있는 바와 같은 새로운 形態의 對角線型 固定臺를 이용할 경우 發熱線

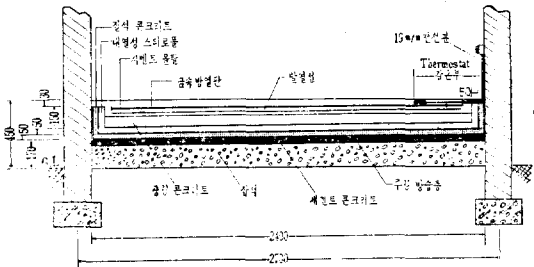


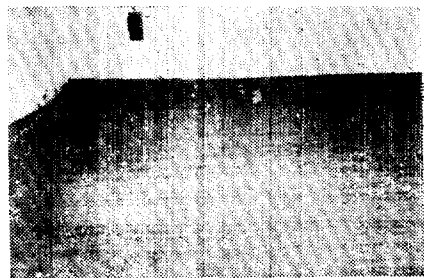
그림 3. Model A 전기온돌의 단면도
Fig. 3. Cross section of Model A Electric ondul.

그림 3의 電氣溫突構造 가운데 5[cm]두께의 耐熱性 스템로플과 15[cm]두께의 蓄熱用 重량 콘크리트는 電氣溫突의 下向熱을 遮斷하고 값싼 深夜電力을 經濟的으로 利用하기 위하여 特別히 設計된 것으로서 耐熱性 스템로플의 熱傳導係數는 約 0.03[Kcal/m · hr°C] 정도이며 重량 콘크리트의 比重은 約 2.2 정도이다. 또한 發熱線 위에 設置한 金屬放熱板(實用新案特許出願 第72-3109號)은 電氣溫突의 방바닥 온도를 均一하게 하기 위한 것으로서 電氣的으로 接地되어 있으므로 電氣溫突에서 發生되는 電磁場을 完全히 遮蔽할 수 있다.

實驗用 電氣溫突의 設置 工事는 그림 5에 圖示된 바와 같이 基礎 工事를 먼저 행한 후에 防濕層 工事, 斷熱層 工事, 蓄熱層 工事 및 發熱線 工事의 順으로 進行되었



(1) 防濕層設置作業

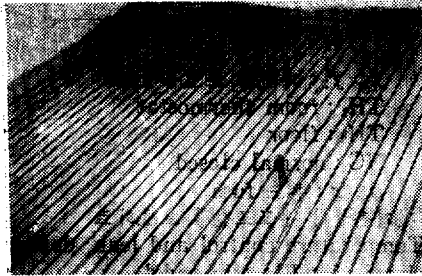


(2) 斷熱層設置工事

의 共振現象과 可聽周波騒音이 어느정도로 減殺될 수 있는가를 糾明하고자 하였다.



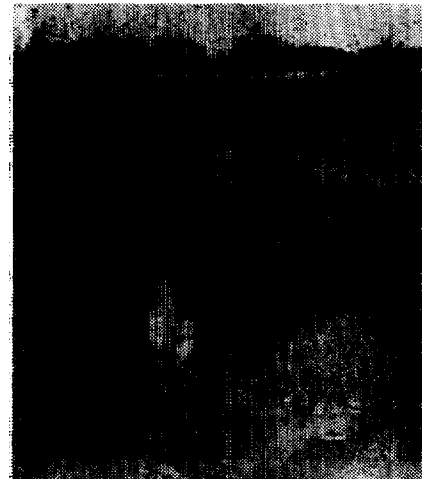
(3) 蓄熱層設置工事



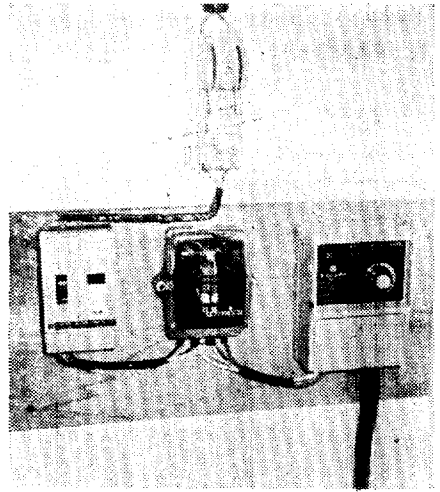
(4) 發熱線設置工事



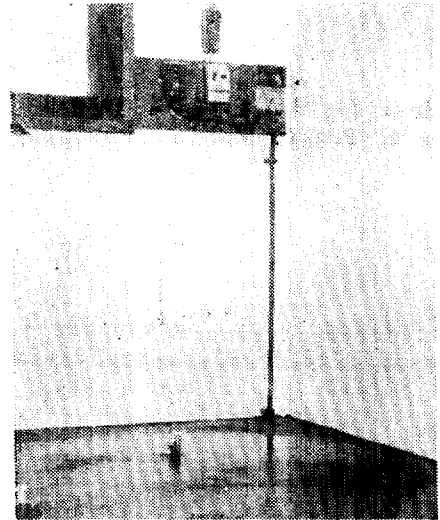
(5) 放熱板의 設置作業



(6) 溫度調節器의 感溫部 設置作業



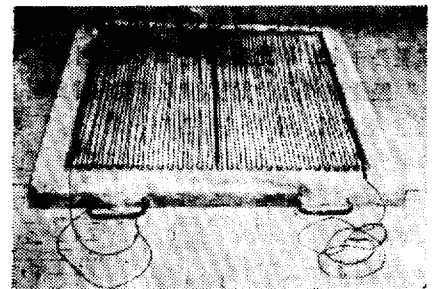
(7) 溫度調節器 및 漏電遮斷器의 設置作業



(8) 마감工事完了後

그림 5. 電氣溫突의 工事過程

Fig. 5 Installation process of Electric ondol.



(1) 固定臺間隔이 1[m]일 경우

나. 實驗方法

(1) 溫度變化 및 消耗電力量 測定

電氣溫突에 對한 溫度上昇實驗과 放熱實驗은 晝夜間 連續的으로 45時間에 걸쳐서 行하여 졌으며 著者들은 外氣溫도와 消耗電力量의 變化에 따른 房表面溫도와 室內氣溫의 變化特性을 測定하였다. 特히 室內溫度測定은 韓國사람의 生活習性을 考慮하여 낮은 위에 해당 하는 地點, 즉, 房表面으로 부터 約 70[cm] 정도 되는 곳과 서있을때 呼吸하는 位置, 즉 房表面에서 부터 約 150[cm] 정도 되는 곳의 溫突을 每時間마다 測定하였다.

또한 房表面의 溫度는 房의 한가운데와 벽밑지점의 두곳을 測定하여 그 算術平均値를 取하였다. 室外溫度는 地上高 120[cm] 되는 곳에 直射光線을 받지 않게끔 四方 4個의 溫度計를 設置하여 그 平均値를 求하였다.

室內의 溫度測定裝置로서는 Yokogawa製 12 Channel Temperature Recorder와 Surface Temperature Detector를 사용하였으며 外氣溫도의 測定에는 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 正確度를 갖는 Alcohol溫度計를 사용하였다.

한편 電力消耗量은 Model A 電氣溫突과 Model B 電氣溫突에 各各 別個의 積算電力計를 設置하여 每時間마다 測定하였으며 積算電力計는 金星社製 200V 單相用의 것을 사용하였다.

(2) 振動騒音의 測定

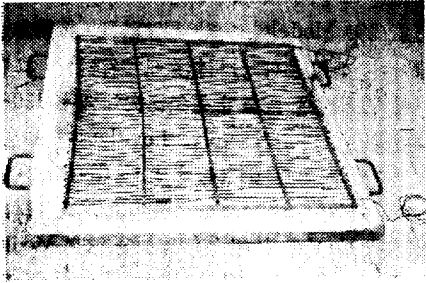
電氣溫突의 振動特性 및 發生騒音測定을 위하여 著者들은 一次로 그림 6의 (1)과 (2)와 같은 發熱線配線에 對한 騒音發生度를 聽取하였으며 發生騒音과 周圍의 一般騒音과를 比較하였다. 또한 消耗電力量이 共히 300[W/m²] 정도인 電氣溫突 Model(그림 6의 (3), (4) 및 (5)參照)에 대한 振動量을 記錄測定하였으며 이들 測定結果들은 다시 Wave Analyzer와 Storage Osilloscope에 의하여 各 周波數別 振動加加速量으로 分析되었다.

本 振動測定에 사용된 測定機器는 美國 General Radio社製의 Type 1560—p52 Pickup과 Type 1525-A Data Recorder 및 Vibration Calibrator等으로서 精密度는 $\pm 5\%$ 정도이다.

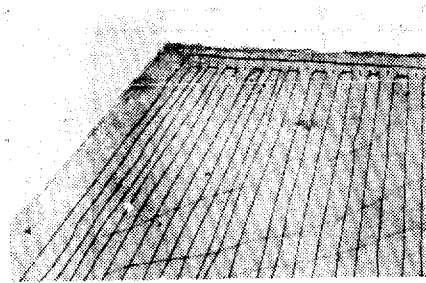
다. 實驗結果

(1) 電氣溫突의 暖房特性 實驗結果

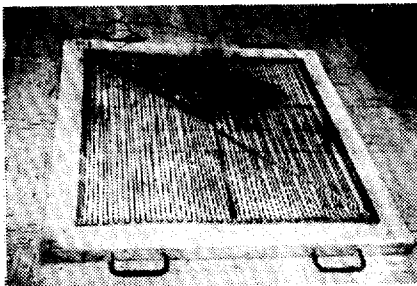
그림 7은 Model A 및 Model B 電氣溫突에 대한 溫度測定結果이다. 測定結果에 의하면 Model A와 Model B의 방바닥 表面溫度差는 무려 5~10°C 정도나 되며 Model A의 경우 방바닥온도가 25°C로 上昇하는 데 約 11時間, Model B의 경우에는 約 23時間 정도로서 溫度上昇效果는 Model A가 Model B보다 約 2倍 정도나 빠르다는 事實을 알 수 있다.



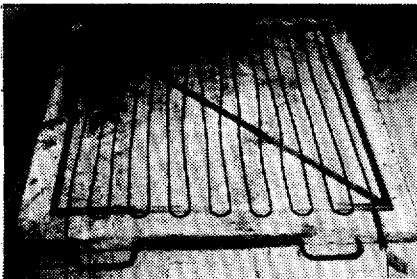
(2) 固定臺間隔이 25[cm]일 경우



(3) 固定臺間隔이 2[m]間隔으로 釘을 박았을 경우 (concrete養生前에 電力을 印加하였음)



(4) 1[m]對角線型固定臺로 支持할 경우(發熱線間隔 3cm정도)



(5) 1[m]對角線型固定臺로 支持할 경우(發熱線間隔 6~7cm정도)

그림 6. 機械的 振動實驗用電氣溫突 Model
Fig. 6. Electric ondol models for vibration experiments.

한편 室温變化特性을 보면 Model A 電氣溫突의 경우 最高 20°C 정도로 上昇하는데 反하여 Model B의 경우에는 24時間이 經過하여도 13°C 정도에 不過하다. 또한 外氣溫度가 -5°C일때 電力供給을 中斷할 경우 Model A의 室温은 約 6時間이나 15°C를 維持하는데 反하여 Model B의 室温은 電源遮斷後 6時間 以內에 約 10°C 정도로 下降함을 알 수 있다.

(2) 電氣溫突의 振動特性 實驗結果

그림 6의 (1)과 (2) 두 Model에 대한 振動騒音を 聽取한 結果 著者들은 그림 6-(1)의 경우 周圍의 雜音 및 騒音보다 다소 크게 들리는 振動騒音を 聽取할 수 있었으며 그림 6-(2)의 경우에는 振動騒音を 거의 感

지할 수 없었다.

또한 그림 8은 그림 6-(3), 그림 6-(4) 및 그림 6-(5)의 電氣溫突 Model에 對한 周波數別 振動加速量 分析結果이다. 測定值의 分析結果에 의하면 그림 6-(3)과 같이 發熱線을 配置한 電氣溫突의 경우 120~960[Hz] 범위내에서 주위의 Noise Level보다 큰 振動騒音を 發生하였고 그림 6-(4)나 그림 6-(5)와 같이 1[m]이내의 對角線 Spacer를 設置하고 埋設콘크리트가 充分히 養生된 이후에 電力을 印加한 溫突 Model의 경우에는 振動加速量이 周圍의 Noise Level과 거의 區別할 수 없을 정도로 적어서 結果的으로는 振動騒音を 感知할 수 없었다.

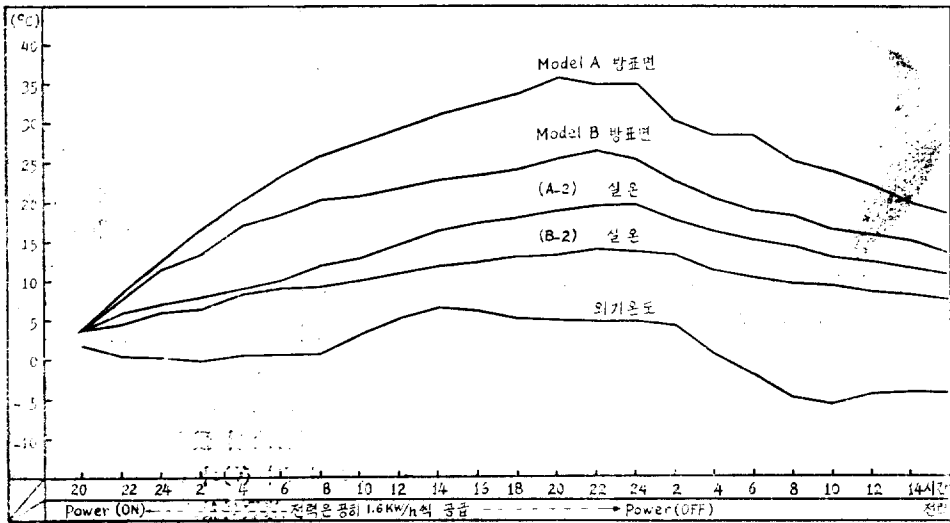


그림 7. 전기온돌 Model의 온도특성 실험결과
Fig. 7. Temperature characteristics of Electric ondol model.

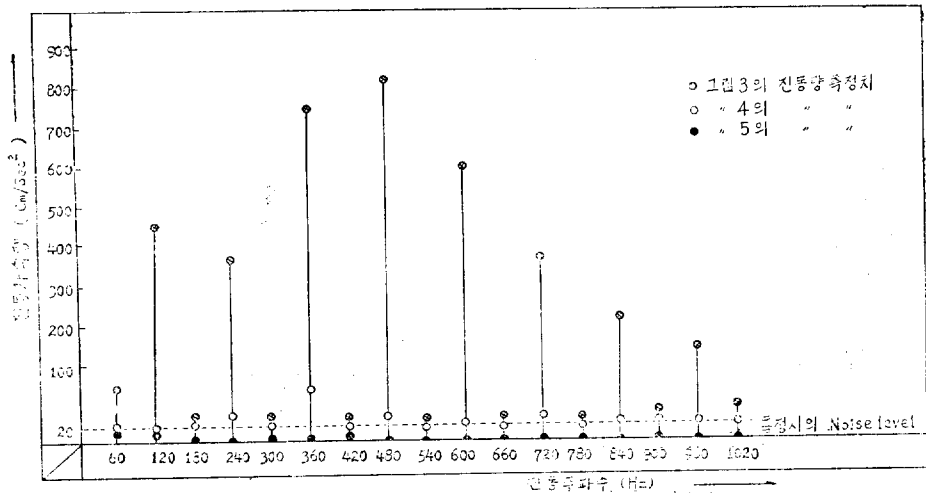


그림 8. 전기온돌 Model의 진동특성 측정결과
Fig. 8. Vibration characteristics of Electric ondol model.

4. 檢 討

가. 電氣溫突의 斷熱材設置에 따른 暖房效果

그림 7에서 볼 수 있는 바와 같이 벽과天井 및 바닥에 建物斷熱材와 下向熱斷熱層을 設置한 電氣溫突은 斷熱材를 使用하지 않은 電氣溫突에 比하여 방바닥온도가 約 10°C나 높고 室溫이 約 5°C 정도나 높게 維持되며 방바닥 加熱時間은 約 1/2정도 밖에 안걸리고 反面에 蓄熱콘크리트의 放熱時間은 거의 2배나 길다.

이와같은 實驗結果는 電氣溫突의 經濟性和 暖房效率를 向上시키고자 할 경우 家屋의 暖房負荷를 減少시켜야만 하며 이를 위해서는 天井, 窓, 壁, 및 門과 같은 建物の 熱傳導量과 下向熱損失을 減少시켜야 한다는 사실을 立證하고 있다. 特히 電氣溫突과 같은 바닥暖房方式의 경우 總 暖房負荷의 20%以上 까지 占하는 下向熱損失을 1/5정도로 減少시키기 위해서는 熱傳導率이 0.03[kcal/m.hr°C] 以下の 耐熱性 發泡스치로폼을 下向熱斷熱材로 사용할 必要가 있다.

나. 電氣溫突의 振動騒音 防止對策

다. 電氣溫突의 經濟性

玄京鎬·吳明煥·白承昊¹⁵⁾가 發表한 研究檢討結果에 의하면 現用 深夜電力料金を 勘案할 경우 電氣溫突의 年間 平均暖房費用은 表 6에서 볼 수 있는 바와 같이 暖房負荷를 考慮한 煉炭溫突의 約 1.37배 정도이며 油類燃燒式 溫水溫突보다는 約 20% 정도 經濟的이다. 이와같은 事實은 앞으로 電氣溫突用 設備 및 資材가 國產化될 경우 電氣溫突의 設置費가 더욱 低廉하게 되어 煉炭暖房方式과도 競爭할 수 있음을 示唆하여 주고 있다.

라. 電氣溫突이 人體健康에 미치는 影響

사람이 電氣溫突에서 잠을 잘 경우 “피가 마른다”는 風說은 아직 뚜렷한 臨床實驗結果가 없으므로 現 段階로서는 明確하게 糾明할 수가 없다. 다만, Amiram과 Lushbaugh¹⁶⁾의 實驗結果에 의하면 動植物의 生體가 強力한 電磁場속에 놓일 경우 體成分의 構造配列이나 體液動態의 均衡이 物理化學的으로 影響을 받으리라고 推測되며, 動物을 對象으로한 豫備的인 臨床實驗結果에 依하면 電磁場의 影響은 動物을 赤血球, 特히 動脈의 赤血球가 보다 敏感하게 받는다고 發表되어 있다.

表 6. 各種溫突의 年間暖房費 比較

Table 6. Annual heating costs for various ondol systems.

(단위 : 원)

暖房費內譯	연탄연소식		유류연소식	전 기 식	
	재 래 식	난방부하를 고려할 때		전기온수식	발 열 선 식
시설투자비(감가상각비 및 이자손실포함)	72,400	108,600	300,000	250,000	150,000
연 료 비	55,240	158,730	172,105	323,920	221,660
보 수 비	5,000	10,000	20,000	15,000	10,000
난방관리비 및 기타경비(취사연료비등)	30,000	30,000	30,000	40,000	40,000
연 간 평 균 난 방 비 용 의 합 계	162,640	307,330	522,105	628,920	421,660
난 방 비 용 의 비	38.6	73.0	124.0	149.0	100.0

※ 註 : 上記暖房費는 韓國住宅銀行의 Model 97(建坪 20坪) 住宅에 對한 算出值임.

本 實驗結果 著者들은 電氣溫突 工事時에 發熱線의 振動固定裝置로서 間隔이 1[m]以內인 對角線 spacer를 使用하면 電氣溫突에서 發生되는 120~960[Hz]의 振動騒音を 防止할 수 있음을 立證하였다. 또한 電氣溫突工事時에는 반드시 發熱線이 埋設되어 있는 콘크리트가 完全히 養生된 以後에 電力을 印加하여야만 發熱線周圍에 氣泡나 흄이 發生되지 않아서 結果的으로는 機械的 振動에 따르는 發熱線의 振幅을 크게 減少시킬 수 있다는 事實을 確認하였다.

또한 Weber¹⁷⁾의 實驗結果에 依하면 弱한 交流 電磁場 下에서는 人間의 生體周期(Circadian Period), 即, 體溫이나 細胞活動時間 등이 多少 不規則하게 變한다고 發表되어 있으나 確實한 定量的 結果는 나타나 있지 않다.

그러나 지금까지 일반 사람들이 各種電氣製品을 事用할 때나 혹은 電氣機器工場 등에서 作業을 할 경우에 이에 따른 直接的인 被害狀況이 統計的으로 나타나지 않았다는 사실은 人體가 電磁場에 露出되었을 때, 特히, 電氣溫突과 같은 微弱한 電磁場下의 경우에는 人體의 造血機關이나 神經組織에 별로 異常이 없으리라는 것이 國內 醫學界의 見解(*)이다.

本 研究過程에서는 電氣溫突의 電磁場이 人體健康에

* 註 : 서울大學校 醫科大學 內科副教授 고창순 博士의 檢討結果임.

미치는 影響을 最少로 減少시키기 위하여 電磁場 遮蔽用 金屬放熱板을 使用하였으며 그 結果 電氣溫突表面의 磁束密度는 0.2[Gauss] 정도로 부터 約0.001[Gauss] 정도까지 크게 減少되었다.

5. 結 論

本 研究結果 얻어진 結論은 다음과 같다.

가. 電氣溫突의 暖房效果를 向上시키기 위해서는 建物의 暖房負荷를 減少시켜야하며 熱傳導率이 0.03[kcal/m · hr. °C] 以下인 耐熱性 發泡스티로폴이나 發泡폴리우레탄을 下向熱斷熱材로 使用하여야 한다.

나. 電氣溫突의 機械的 振動騷音を 防止하기 위해서는 1[m]以內의 間隔으로 對角線型 發熱線 Spacer를 設置하여야 하며 電氣溫突工事時에는 埋設콘크리트가 完全히 養生된 以後에 電力을 印加하여야 한다.

다. 電氣溫突의 年間 平均暖房費用은 油類燃燒式 溫水溫突보다 約 20% 程度 經濟的이다. 또한 現用 煉炭溫突보다는 暖房費가 約 1.3~2.7倍 정도 高價이지만 煉炭溫突에서 發生되는 各種 暖房公害를 考慮하면 國內의 未來 暖房方式으로서는 電氣溫突이 勸奨된다.

라. 電氣溫突에서 發生되는 電磁場이 人體健康에 미치는 影響은 거의 없을 것으로 推測되나 電氣生理學的인 面에서 볼 때 電氣溫突에는 接地된 金屬放熱板을 使用하는 것이 보다 安全하다.

참 고 문 헌

1. 日本 建設省 建築設備研究會：建築設備設計資料，近代工學出版社，pp.261~275，東京(1965).
2. McGuinness, W.J., Stein, B., Gay, C.M., and Fawcett, C.D.: "Mechanical and Electrical Equipment for Buiding." John Wiley & Sons, Inc., New York, pp.258~281 (1967).
3. Griffiths, M.V.: "Off-Peak Floor Heating." Electrical Review, Vol.172, No.8, pp.316~317 (1963).
4. 岡林·秋山·武井：畜舍의 電熱床加溫，研究期報(事務編)，No.2, pp.85~91 (1966).

5. "Experiences with Floor-warming." Electrical Times. Vol.149, No.7, p.257 (166).
6. Williams, J.: "Eletric Underfloor Heating.", Post Office Electrical Engineers, Vol. 56, No.3, pp.181~184 (1963).
7. Essen, B.S: "Stand Und Entwicklungsaussichten der Elecktrischen Fussbodenheizung.", Electrowaerme, Vol. 21, No.3, pp.125~135 (1963).
8. Wark, J.R.: "Industrial Plant Electrical Floor Heating.", Electrical Construction and Maintenance, Vol.63, No.3, pp.85~87 (1964).
9. "Electrically Heated Floors in Kindergartens.", Electrical Construction and Maintenance, Vol. 62, No.8, pp.60~61 (1963).
10. "Floor-warming in a Cathedral.", Electrical Times, Vol.148, No.25, pp.929~930 (1965).
11. 박석탁·최진하："전기온돌연구". 한국전력주식회사 전기시험소 연구보고서, Vol.5, No.2, p.30 (1971).
12. 현경호, 오명환, 채성기 "기존 전기온돌방식의 조사검토와 표준방식의 개발 및 설계사양 제정에 관한 연구". 한국과학기술연구소 연구보고서, C148-299(1) (1972).
13. 스타이로폼 FR. 日本 旭グウ株式會社 製品案内書.
14. 渡邊·柳町·井上：建築設備ハンドブック. 朝倉書店, 東京, pp.31~35 (1964).
15. 玄京鎭·吳明煥·白承昊："전기온돌과 그 經濟性" 새기술지, Vol.4, No.4, pp.16~25 (1972).
16. Ur. Amiram, and Lushbaugh, C.C.: "Some Effect of Electrical Fields on Red Blood Cells with Remarks on Electronic Cell Sizing.", Brit. J. Haemt., Vol.15, pp.527~537 (1968).
17. Rütger Weber: "Gesetzmässigkeiten der Circadianen Perodik des Menschen, Geprüft an der Wirkung eines Schwachen Elektrischen Wechselfeldes.", Pflügers Arch., Bd. 302, pp. 97~122 (1968).

부록 1. Model House A의 난방부하 산출과정

방위 및 구조 설명	구 조	넓이 (m ²)	열관류율 (kcal/m ² h°C)	보정 계수	방위 방열 계수 (P ₁)	간접 방열 계수 (P ₂)	열관류율 (P ₁ + P ₂)	Q _A (kcal/hr°C)
동 또는 서 벽		6.22	$K = \frac{1}{2 \times \frac{1}{\alpha_1} + \gamma_{R.B} + \frac{0.018}{1.3} \times 2}$ $= \frac{1}{\frac{1}{7.5} \times 2 + \frac{0.1}{0.67} + \frac{0.018}{1.3} \times 2}$ $= 2.26$	1	0	0.2	1.2	16.9
남(외)벽	실제 도참조	5.76	K=1.585	0.9	0.05	0.2	1.15	13.7
	창문	목제 이중창 (유리 80%)	1.08	K=2.8	1	0.05	6	
북(외)벽	실제 도참조	5.08	K=1.585	1	0.2	0.2	1.4	15.9
	문	목제 후랏쉬 도어	1.755	K=2.1	1	0.2	0.05	
천 정 및 지붕		5.40	$n = \frac{A_r}{A_c} = 1.32 \quad \bar{K} = \frac{1}{\frac{1}{KC} + \frac{1}{nK_r}}$ $K_c = \frac{1}{\frac{1}{9.5} \times 2 + \frac{0.003}{0.13} + \frac{0.025}{0.029}} = 0.915$ $K_r = \frac{1}{\frac{1}{9.5} + \frac{0.01}{0.15} + \frac{0.001}{0.093} + \frac{0.012}{0.13} + \frac{1}{26}} = 3.18$ $\bar{K} = \frac{1}{\frac{1}{0.915} + \frac{1}{1.32 \times 3.18}} = 0.75$	1	0	0.05	1.05	4.25
환기	1.5회/시간	13.0 (m ³)	0.29kcal/m ³	1	0	0.2	1.2	6.79
하향 단열층 위 천 열선 누출		5.40	$K = \frac{1}{\frac{0.01}{1.3} + \frac{0.15}{1.4} + \frac{0.05}{0.029} + \frac{0.05}{0.15}}$ $+ \frac{1}{\frac{0.005}{0.93} + \frac{0.035}{0.4} + \frac{0.7}{1.786}}$ $= 0.037$	1	0	1.2	1.2	2.4

부록 2. Model House B의 난방부하 산출과정

방위 및 구조 설명	구 조	넓이 (m ²)	열관류율 (kcal/m ² h°C)	보정 계수	방위 방열 계수 (P ₁)	간접 방열 계수 (P ₂)	열관류율 (P ₁ + P ₂)	Q _B (kcal/hr°C)
동 또는 서 벽		6.22	$K = \frac{1}{\frac{1}{7.5} \times 2 + \frac{0.1}{0.67} + \frac{0.018}{1.3} \times 2}$ $= 2.26$	1	0	0.2	1.2	16.9

단 벽 (외벽)	벽	설계도참조	5.76	$K=2.30$	0.9	0.05	0.2	1.15	21.5
	창문	목재훈창(유리 80%)	1.08	$K=5.5$	1.0	0.05	0	1.05	
부 벽 (외벽)	벽	설계도참조	5.40	$K=2.30$	1	0.2	0.2	1.4	23.1
	문	목재미닫이문(한면블이기)	1.44	$K=3.2$	1	0.2	0.05	1.25	
천 정 빛 지 방	천정		5.40	$n = \frac{A_r}{A_c} = \frac{7.1}{5.4} = 1.32$ $\bar{K} = \frac{1}{\frac{1}{K_c} + \frac{1}{nK_r}}$ $K = \frac{1}{\frac{1}{9.5} \times 2 + \frac{0.003}{0.13}} = 4.28$ $K_r = \frac{1}{\frac{1}{9.5} + \frac{0.01}{0.15} + \frac{0.001}{0.093} + \frac{0.012}{0.13} + \frac{1}{26}} = 3.18$ $\bar{K} = \frac{1}{\frac{1}{4.28} + \frac{1}{1.32 \times 3.18}} = 2.12$	1	0	0.2	1.2	13.8
				환기	2.0회/시간	13.0	0.29kcal/m^3	1	0
하 향	단열층의 구분		5.40	$K = \frac{1}{\frac{0.01}{1.3} + \frac{0.20}{1.4} + \frac{0.035}{1.4} + \frac{0.70}{1.786}} = 1.76$	1	0	0.2	1.2	9.5