

【 論 文 】

住居用 建物 外壁의 斷熱工法別 熱性能 變動에 관한  
比較 研究

A Comparative Study on the Thermal Performance Changes by the Insulating  
Construction Types of Exterior Walls in Residential Buildings

김 문 한\*      조 균 형\*\*      김 광 우\*\*\*  
Moon Han Kim      Kyun Hyong Cho      Kwang Woo Kim

ABSTRACT

It is known that the energy consumption and indoor thermal comfort in residential buildings are affected by the thermal performance of building envelopes.

The thermal performance of building envelopes varies with their design methods.

In this study, the thermal performance changes by the insulating construction types of exterior walls were analyzed,

- 1) by varying the thickness of the insulation
- 2) by varying the location of the insulation
- c) by varying the location of the plane airspace

The analyzed results are presented and the thermal performance evaluating factors were compared and discussed.

1. 序 論

外部氣候에 노출되는 건물의 外皮 構造體는 그 熱性能值에 따라 건물에서의 에너지 사용량 내지는 室內快適環境 造成에 영향을 주기 때문에 建物外皮構造의 斷熱設計方法이나 斷熱工法の 올바른 선택은 상당히 중요한 과제가 된다. 특히 外壁構造體를 통한 熱損失이 건물전

체 熱損失量の 50% 이상을 차지하는 無斷熱住宅의 경우)를 볼 때, 外壁의 에너지 損失을 극력 방지할 수 있는 斷熱工法 開發은 우선적으로 다루어져야 할 明題이다.

이에 本 研究은 우리나라 單獨住宅의 대부분을 이루고 있는 組積造 壁體를 대상으로 종래에 연구된 바 있는 斷熱材 두께와 斷熱方式에 따른 熱性能值 分析에 대한 검토와 함께 中空層의 有無 및 設置位置에 따른 熱性能 變化值를 分析하기 위하여, 이들 相互間의 組合이 가능한 여러가지 基本모델 壁體들을 선정하고 이들에 대한 熱性能 評價要素들의 變化를 定

\* 正회원 : 서울대, 건축공학과  
\*\* 正회원 : 수원대, 건축공학과  
\*\*\* 正회원 : 숭실대, 건축공학과

常熱流解析法과 非定常熱流解析法中 有限差分法을 컴퓨터 프로그래밍화 하여 斷熱工法에 따른 熱的 變化의 상관성을 정량적으로 比較·評價 함으로서, 앞으로 보다 熱적으로 우수한 住宅 外壁의 斷熱構造設計 및 斷熱工法을 채택함에 있어 活用할 수 있는 基礎資料를 제공하는데 研究의 目的이 있다.

## 2. 外壁의 熱性能評價에 관한 理論解析

### 2.1 外壁의 熱性能 解析 概要

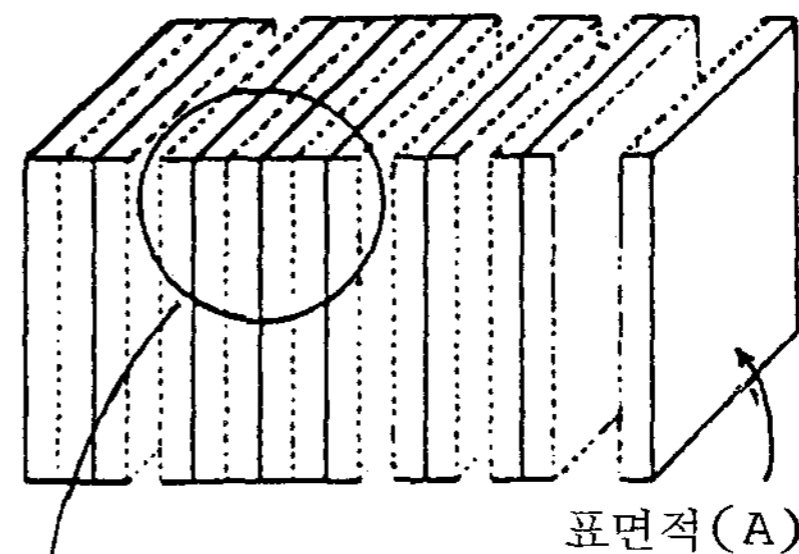
건물에서의 所要에너지를 감소시키는데는 일반적으로 年間消費에너지량을 감소시키는 方法과 最大負荷 (Peak Load)를 감소시키는 方法이 있는데 이것에는 建物外皮가 갖는 두가지의 熱的 特性인 斷熱性能과 蓄熱性能의 혼합효과에 의해 영향을 받게 된다. 斷熱性能은 建物外皮를 통한 熱傳達을 억제하는 能力으로서 熱貫流抵抗 값으로 評價될 수 있으며, 蓄熱性能은 建物外皮를 통한 熱傳達을 지연시키는 能力으로서 外皮의 熱容量 (혹은 蓄熱數)에 따라 좌우되는 振幅減衰率 (Decrement Factor) 과 시간지연 (Time-Lag) 등으로 評價할 수가 있다.<sup>2)</sup> 그리고 이들 熱性能과 관련하여 반드시 검토 하여야 하는 外壁의 結露防止性能은 壁體內의 수증기 확산 저항값에 의해 結露發生有無의 評價를 할 수 있다.<sup>3)</sup> 따라서 建物外皮의 熱性能 解析은 이들 評價要素들에 대한 精確한 算出을 통해 가능해진다. 이를 위해서 室內外 條件을 定常狀態 (Steady-state) 로 가정하여 外皮를 통한 熱傳達을 計算하는 定的 解析方法과 시시각각으로 변하는 室內外 條件을 非定常狀態 (Unsteady-state) 로 간주하여 각각의 變化要素를 시간함수로 처리 함으로서 熱傳達을 계산하는 動的 解析方法들이 이용된다. 本 研究에서는 動的 解析方法으로 비교적 사용 제약 조건이 적은 有限差分法 (The Finite Difference Method)을 사용하였다.

## 2.2 熱性能 解析理論 및 算定式

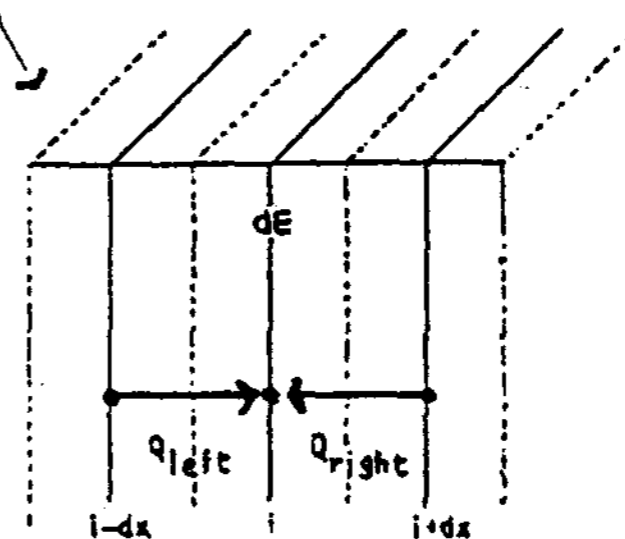
### 2.2.1 有限差分法の 概念 및 基本理論式

일반적으로 外壁의 높이와 幅은 그 두께에 비해 훨씬 크므로 壁面에 수직인 方向으로만 一次元的으로 이루어진다. 따라서 壁體가  $\Delta x$ 의 두께를 갖는 다수의 얇은 層들로 구성되어 있고 各 層의 中央에 節點 (nodal Points) 이 있다고 한다면 (경계층의 節點제외) 一次元의 熱平衡方程式을 各 節點에 적용하여 壁體에서의 非定常 熱傳達을 다음과 같이 할 수 있다.

$$\left[ \begin{array}{c} \Delta t \text{시간에 要素의} \\ \text{內部에너지變化量} \\ (\Delta E) \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \Delta t \text{시간에 要素로} \\ \text{傳達된 에너지량} \\ (Q_{\text{left}} + Q_{\text{right}}) \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \Delta t \text{시간에 要素內} \\ \text{에서 發生된 에너지} \\ (Q_i) \end{array} \right] \dots\dots (2.1) \quad 4)$$



(a) 節點의 概念



(b) 熱平衡式의 概念

그림 1 有限差分法の 概念

그런데 이 熱平衡方程式의 計算方法에는 Explicit Method (Forward Difference Method), Implicit Method (Backward Difference Method), 그리고 이 두 방법을 혼합한 Weighed Average Method가 있는데 5)이중 실제로 壁體를 통한 熱傳達實驗을 통하여 그 타당성이 증명된 Implicit Method<sup>6)</sup>에 의하면, 壁體內 任意의 節點溫度를 구하는 基本理論式은 다음과 같다.

$$\Delta E = \rho \cdot C_p \cdot \Delta X \cdot A \cdot (T_i^{t+dt} - T_i^t) \dots (2.2)$$

여기서,  $T_i^t$  : t시각에 i節點의 溫度

$$Q_{left} = (\lambda/\Delta X) \cdot A \cdot (T_{i-\Delta X}^{t+dt} - T_i^{t+dt}) \dots (2.3)$$

$$Q_{right} = (\lambda/\Delta X) \cdot A \cdot (T_{i+\Delta X}^{t+dt} - T_i^{t+dt}) \dots (2.4)$$

$Q_i = 0$  ; 건물의 外皮에서는 내부 발생열이 없다.

따라서 (2.2), (2.3), (2.4) 式들을 (2.1) 식에 대입하면,

$$T_i^{t+dt} = \frac{T_{i-\Delta X}^{t+dt} + T_{i+\Delta X}^{t+dt} + M \cdot T_i^t}{M+2} \dots (2.5)$$

여기서,  $M = (\rho \cdot C_p / \lambda) \cdot (\Delta X^2 / \Delta t)$

### 2.2.2 溫度振幅減少比의 算定理論式

室外의 日射 및 氣溫의 영향이 室內壁表面溫度 및 室溫變動幅에 미치는 程度를 판단하는 要素로서 그 값이 클수록 外氣의 영향을 적게 받게 되는 溫度振幅減少比를 두가지 측면에서, 즉 壁體의 熱抵抗과 蓄熱의 혼합효과에 의한 것 ( $\phi$ ) 그리고 壁體의 蓄熱容量만에 의한 것 ( $\phi'$ ) 으로 區分하여 다음의 式으로 산출한다.

$$\phi = \frac{T_{max}^{out} - T_{min}^{out}}{\Delta T'_{surf}} \dots (2.6)$$

여기서,  $T_{max}^{out}$  : 相當外氣溫의 最高溫度 (℃)  
 $T_{min}^{out}$  : 相當外氣溫의 最低溫度 (℃)  
 $\Delta T'_{surf}$  : 有限差分法에 의해 算出된 室內側 壁表面溫度의 하루 중 最高와 最低의 差 (℃)

$$\phi' = \phi - \frac{T_{max}^{out} - T_{min}^{out}}{\Delta T_{surf}} \dots (2.7)$$

여기서,  $\Delta T_{surf}$  : 定常熱傳達 (熱容量=0) 計算에 의한 室內側 壁表面溫度의 하루중 最高와 最低의 差 (℃)

$$= \frac{K}{h_i} \{ T_{max}^{out} - T_{min}^{out} \}$$

K : 壁體의 熱貫流率 (Kcal / m<sup>2</sup> · h · °C)  
 $h_i$  : 室內側壁面의 熱傳達率 (Kcal / m<sup>2</sup> · h · °C)

### 2.2.3 位相의 遲延의 算定理論

外氣의 變化에 대해 어느 程度의 時間差를 갖

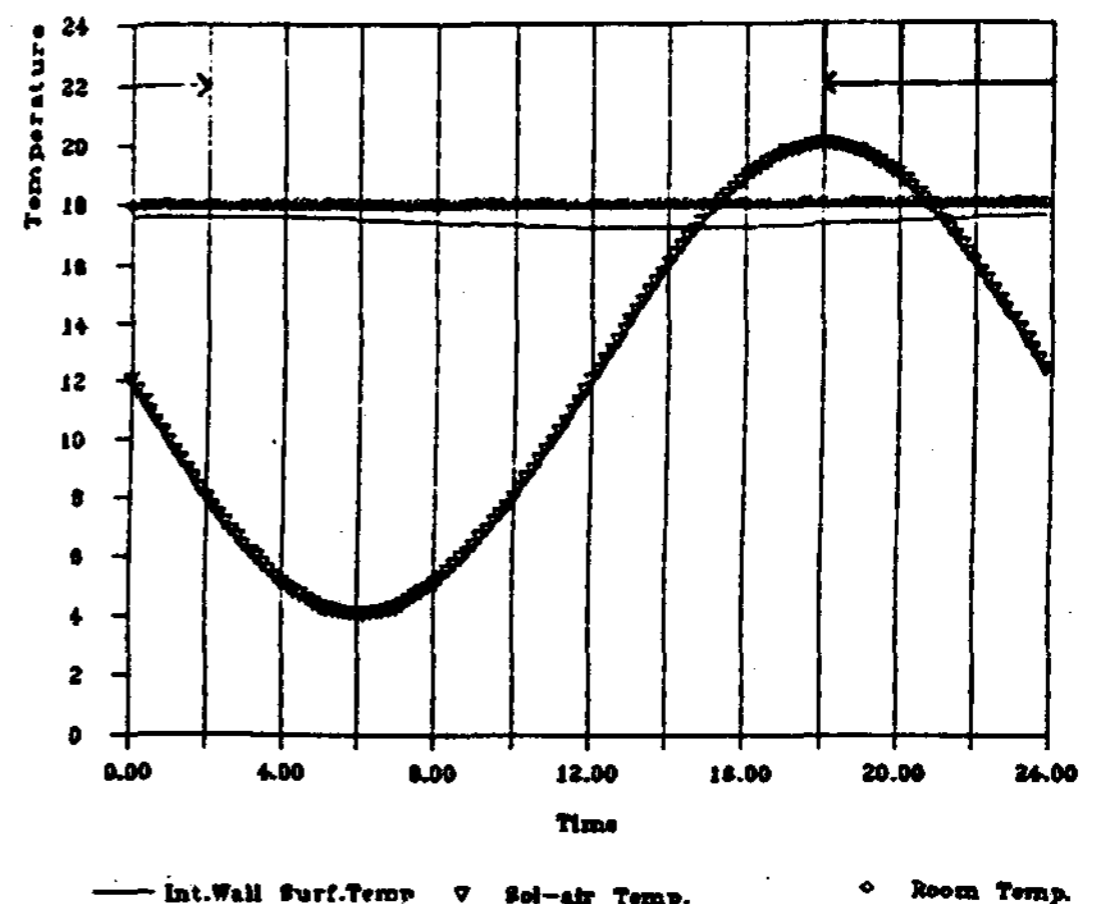


그림 2 위상의 지연의 산정

고 室內에 영향을 주는가를 판단하기 위해 外氣의 最高 및 最低溫度가 나타나는 時刻과 室內側 壁面의 最高 및 最低溫度가 나타나는 時刻과의 差異로 表示하는 위상의 지연(Time-Lag) 은 有限差分法에 의해 算出된 出力資料를 통해 그림(2)와 같은 방법으로 算定한다.

2.2.4 蓄熱數 算定理論式

蓄熱數는 外壁構造體의 蓄熱容量이 크고 적음을 나타내는 값으로 室內外 溫度差가 1℃ 이고 溫度의 振幅이 壁을 통하여 減少하고 있는 상태일 때 外壁 1M<sup>2</sup>에 모아진 熱量으로 定義되며, 이것의 값은 오스트리아의 斷熱基準에 따른 評價法에 의해 다음 式으로 算出된다.<sup>7)</sup>

$$W = K \cdot \left\{ L_1 \rho_1 C_{p1} \cdot \left( \frac{1}{h_{out}} + \frac{L_1}{2\lambda_1} \right) + L_2 \rho_2 C_{p2} \cdot \left( \frac{1}{h_{out}} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{2\lambda_2} \right) + \dots + L_n \rho_n C_{pn} \cdot \left( \frac{1}{h_{out}} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{L_{n-1}}{\lambda_{n-1}} + \frac{L_n}{2\lambda_n} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.8)$$

여기서,

- W : 蓄熱數 (Kcal/m<sup>2</sup>, °C)
- k : 壁의 熱貫流率 (Kcal/m<sup>2</sup>, h, °C)
- L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, ..., L<sub>n</sub> : 壁構成材의 두께 (m)
- ρ<sub>1</sub>, ρ<sub>2</sub>, ..., ρ<sub>n</sub> : 壁構成材의 密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>p1</sub>, C<sub>p2</sub>, ..., C<sub>pn</sub> : 壁構成材의 比熱 (Kcal / kg · °C)
- λ<sub>1</sub>, λ<sub>2</sub>, ..., λ<sub>n</sub> : 壁構成材의 熱傳導率 (Kcal/m · h · °C)
- h<sub>out</sub> : 壁의 外表面 熱傳達率 (Kcal/m<sup>2</sup> · h · °C)

2.2.5 水蒸氣擴散抵抗 算定理論式

結露 發生 評價에 이용되는 多層의 複合 壁體의 水蒸氣擴散抵抗 값은 다음 式으로 算出된다.<sup>8)</sup>

$$R_v = \sum (\mu_n \times L_n) \times 5.76 \times 10^9 \text{ (m/s)} \dots \dots \dots (2.9)$$

여기서

- R<sub>v</sub> : 複合 壁體의 水蒸氣 擴散低抗 (m/s)
- μ<sub>n</sub> : n層 壁構成材의 水蒸氣 擴散低抗係數 (-)
- L<sub>n</sub> : n層 壁構成材의 두께 (m)

3. 外壁의 熱性能 評價

3.1 評價모델

일반적으로 斷熱을 필요로 하는 住宅外壁構造는 내용상으로 볼 때 使用材料의 種類 및 두께, 斷熱方式, 斷熱材 두께, 空氣層의 有無, 中空層의 設置方式 등의 設計變數에 따라 여러가지 類型으로 分類되어질 수 있겠으나 本 研究에서는 使用材料의 種類 및 두께에 관한 變數는 일정하다고 보고 나머지 設計變數들의 組合에 따른 壁體 모델들 만을 고려하였다. 먼저 斷熱方式은 內斷熱, 中斷熱 및 外斷熱의 3種類로 하고 斷熱材 두께는 두께의 倍數 變化에 따른 熱性能變化를 分析키 위해 25, 50, 100 mm의 3種類를 택했으며 空氣層의 設置方式은 外裝材 바로 內側, 斷熱材의 內外側, 壁體의 中央, 內裝材 바로 外側 그리고 空氣層이 없는 경우의 5가지 類型으로 하여 總 45가지 모델들을 선정하였다.

3.2 熱性能評價를 위한 設定條件

熱性能 評價를 위해 本 研究에서는 空內溫度는 18℃로 항상 일정하다고 보고 壁表面 熱傳達係數는 室內側의 7.12 Kcal/m<sup>2</sup> · h · °C와 室外側의 14.64 Kcal/m<sup>2</sup> · h · °C로 일정하다고 보았으며 특히 非定常熱流解析을 위해 사용된 外部 氣候類型은 相當外氣溫으로 最低氣溫은 06:00時에 4℃, 最高氣溫은 18:00時에 20℃가 되도록 완전한 사인곡선(sine curve)을 따라서 만들었다.

有限差分法에 의한 結果의 算出은 매 15초 간격으로 壁體內 모든 節點의 溫度를 計算하게 되나 데이터의 분량을 줄이기 위해 매 10분 간격으로 수록하였다.

< 표 1 > 벽체모델

벽체의 종류		벽체의 구성방식 및 재료의 두께 ( $\phi$ : mm ) (외측에서 내측으로의 순서임)									
단원 방식	모델명										
내 단 원	IBW-1	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 25, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 50, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 100, PW $\phi$ 04									
	IBW-2	GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 25, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 50, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 100, PW $\phi$ 04									
	IBW-3	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 25, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 50, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 100, PW $\phi$ 04									
	IBW-4	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 50, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 100, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
	IBW-5	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 25, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 50, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 15, IN $\phi$ 100, PW $\phi$ 04									
중 단 원	MBW-1	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
	MBW-2	GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
	MBW-3	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
	MBW-4	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 50, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 100, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
	MBW-5	GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
외 단 원	OBW-1	GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
	OBW-2	GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
	OBW-3	GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 25, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 50, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 100, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 18									
	OBW-4	GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 190, MO $\phi$ 15, AS $\phi$ 20, PW $\phi$ 04									
	OBW-5	GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 25, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 50, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									
		GN $\phi$ 25, IN $\phi$ 100, MO $\phi$ 24, CB $\phi$ 90, AS $\phi$ 20, MO $\phi$ 15, CB $\phi$ 90, MO $\phi$ 18									

재료기호 :		재료의 열적 물성치		
화강석 : GN				
불 탈 : MO				
시멘트				
벽 돌 : CB				
단원재 : IN				
합 판 : PW				
공기층 : AS				

재 료	비 중 ( kg / m <sup>3</sup> )	비 열 ( Kcal / kg C )	열 전 도 율 ( Kcal / m Hr C )	수증기확산 저항계수(-)
GN	2600	0.19	1.87	50
MO	2020	0.21	1.20	10
CB	2000	0.20	1.20	8
IN	30	0.30	0.029	130
PW	300	0.31	0.05	4
AS	1.17	0.24	0.10	1

< 표 2 > 기후유형

시 간	상당외기온(°C)	시 간	상당외기온(°C)
00:00	12.000	12:00	12.000
01:00	9.929	13:00	14.071
02:00	8.000	14:00	16.000
03:00	6.343	15:00	17.657
04:00	5.072	16:00	18.928
05:00	4.273	17:00	19.727
06:00	4.000	18:00	20.000
07:00	4.273	19:00	19.727
08:00	5.072	20:00	18.928
09:00	6.343	21:00	17.657
10:00	8.000	22:00	16.000
11:00	9.929	23:00	14.071

3.3 分析結果 및 考察

前述한 算定理論式들에 의해 評價모델들에 대한 熱性能 分析을 한 結果는 表 3과 같이 나타 났다.

표 3 과 같은 結果를 考察해 보면, 蓄熱數의 경 우 中斷熱 및 外斷熱 壁體에서 斷熱材 두께를 25mm 基準으로 2倍와 4倍로 증가시키는데 대해 中斷熱이 2%와 4%, 外斷熱이 9%와 15%씩

각각 증가하고 있는데 반해 內斷熱 壁體에서는 오히려 37%와 60%가 각각 감소되고 있으며 또한 蓄熱數의 절대값도 제일 적게 나타나고 있 다.(그림 3 참조) 한편 空氣層의 有無 및 設 置位置에 따른 蓄熱數의 變化樣相을 각 모델에 서 50mm 斷熱材를 사용한 경우만을 통해 서로 比較해보면(이하 같은 방법에 의해 分析함), 3 가지 斷熱方式 모두에서 空氣層을 外裝材 바로 內側에 설치한 모델(IBW-2, MBW-2, OBW-2)이 가장 큰 값을 보이고 있으며, 특이한 것은 空氣 層을 構成壁體의 室內쪽으로 가깝게 들수록 경 우에 따라 오히려 空氣層이 없는 壁體보다도 蓄 熱數가 작아질 수 있다는 점이다.

그리고 熱損失量의 程度를 評價하는 尺度로서 흔히 사용되는 熱貫流抵抗과 內部結露의 有無를 判定하는데 관련되는 水蒸氣擴散抵抗은 3가지 斷熱方式 모두에서 斷熱材 두께의 증가에 따라 거의 직선적으로 비례하여 증가하나, 空氣層의 設置類型에 따른 變化는 空氣層이 없는 경우에 비해서는 空氣層을 둔 만큼의 증가를 보이나 대체로 거의 없는 것으로 나타나고 있다.

한편, 室溫變動에 직접적인 영향을 주는 室內 側 壁面溫度振幅은 斷熱材의 두께를 25mm 基準 으로 2倍와 4倍로 증가시킴에 따라 內斷熱에

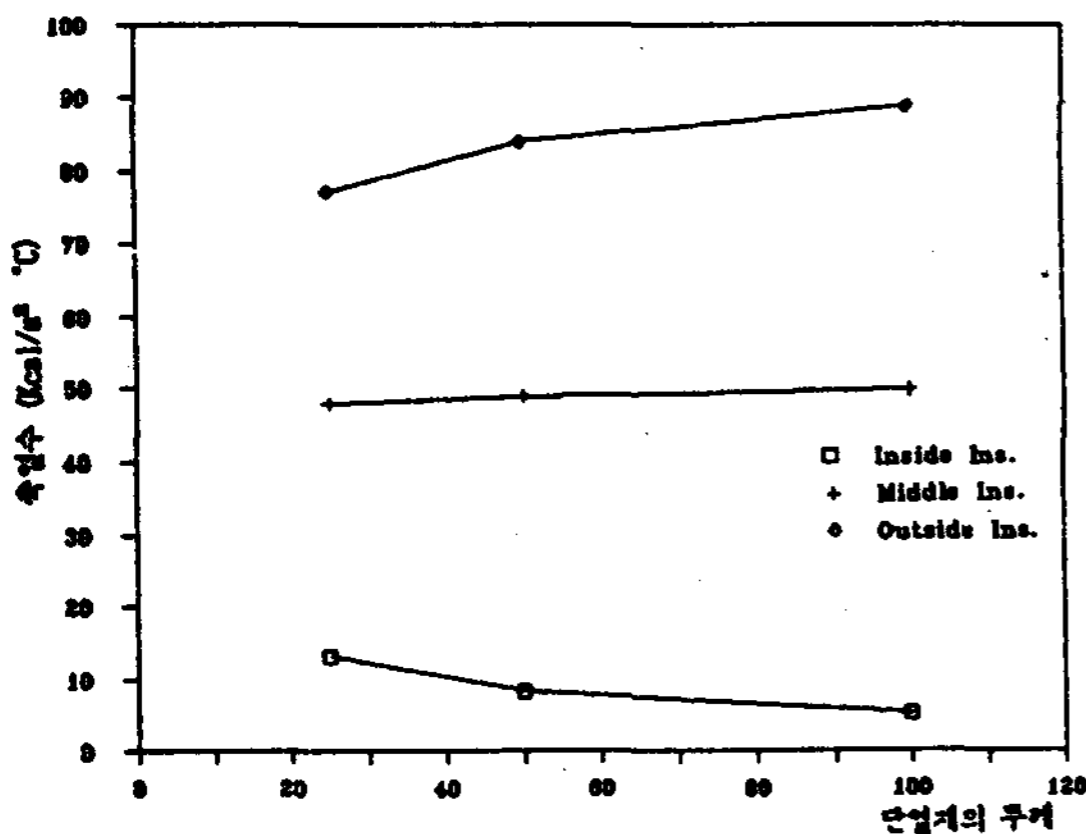


그림 3 斷熱方式別 斷熱材두께 - 蓄熱數

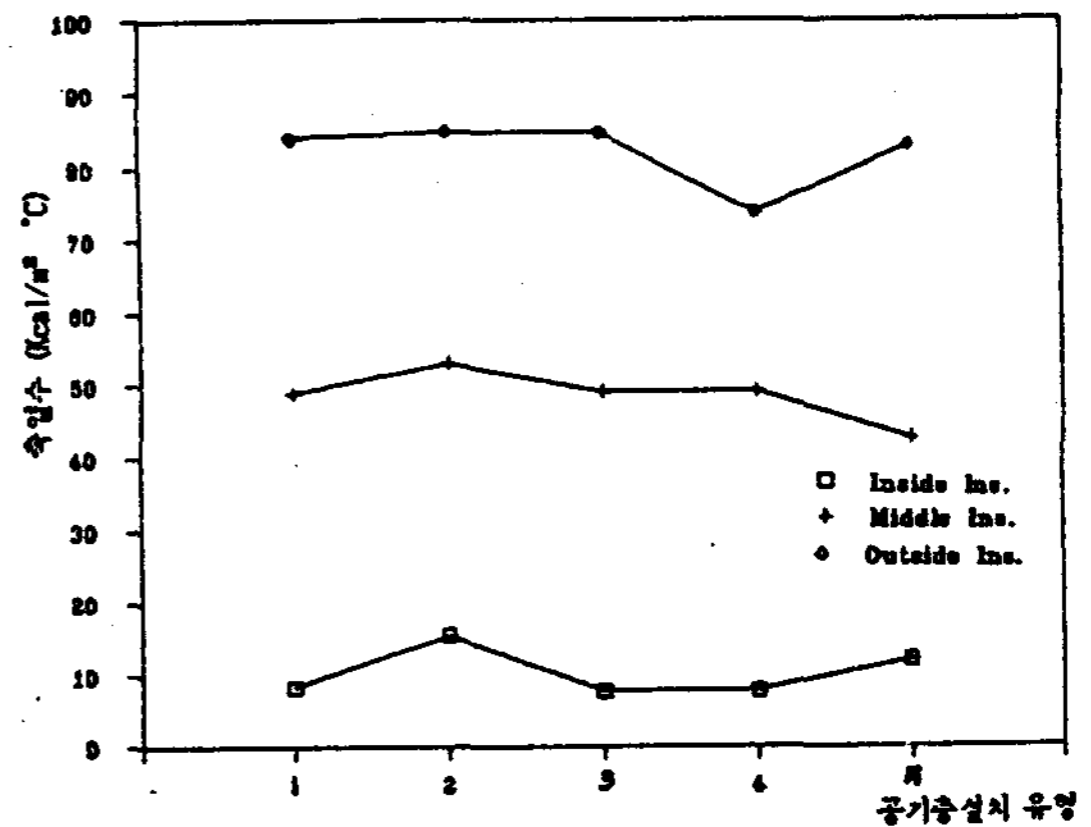


그림 4 斷熱方式別 空氣層設置類型 - 蓄熱數

〈 표 3 〉 壁體 모델別 熱性能 評價要素들의 性能分析值

기 본 모 델		벽두께 (mm)	벽중량 (kg/m <sup>2</sup> )	축 열 수 (Kcal/ m <sup>2</sup> C)	열관류저항 (m <sup>2</sup> Hr C/ Kcal)	수증기확산저항 (m/s) N = 5.76 × 10	온도진폭감소비 φ (φ')	위상의지연 (Hr)	실내측벽면 온 도 차 (C)
모델명	단열재 두께(mm)								
IBW-1	25	283	525.73	13.20	1.355	6.426 × N	36.95( 27.30)	8.00	0.433
	50	308	526.48	8.37	2.217	9.676 × N	64.78( 48.99)	8.25	0.247
	100	358	527.98	5.21	3.941	16.176 × N	121.21( 93.19)	8.75	0.132
IBW-2	25	303	525.75	23.48	1.555	6.446 × N	82.05( 70.98)	9.08	0.195
	50	328	526.50	15.42	2.417	9.696 × N	144.14(126.94)	9.25	0.111
	100	378	528.00	9.50	4.141	16.196 × N	275.86(246.45)	9.83	0.058
IBW-3	25	303	525.75	11.58	1.555	6.446 × N	43.48( 32.41)	8.17	0.368
	50	328	526.50	7.76	2.417	9.696 × N	71.43( 54.23)	8.42	0.224
	100	378	528.00	5.02	4.141	16.196 × N	129.03( 99.62)	8.92	0.124
IBW-4	25	303	525.75	11.56	1.555	6.446 × N	43.60( 32.53)	8.25	0.367
	50	328	526.50	7.72	2.417	9.696 × N	71.75( 54.55)	8.58	0.223
	100	378	528.00	4.98	4.141	16.196 × N	129.03( 99.62)	9.08	0.124
IBW-5	25	308	536.05	18.19	1.559	6.516 × N	72.73( 61.62)	10.00	0.220
	50	333	536.80	12.02	2.422	9.766 × N	128.00(110.76)	10.25	0.125
	100	383	538.30	7.50	4.146	16.266 × N	238.81(209.29)	10.83	0.067
MBW-1	25	287	540.89	47.98	1.282	6.510 × N	37.12( 27.99)	9.67	0.431
	50	312	541.64	48.90	2.144	9.760 × N	68.97( 53.69)	10.08	0.232
	100	322	543.14	49.83	3.868	16.260 × N	133.33(105.84)	10.58	0.120
MBW-2	25	307	540.91	54.53	1.482	6.530 × N	79.60( 69.05)	11.25	0.201
	50	332	541.66	53.06	2.344	9.780 × N	149.53(132.86)	11.58	0.107
	100	382	543.16	52.10	4.068	16.280 × N	290.91(261.98)	12.25	0.055
MBW-3	25	307	540.91	48.30	1.482	6.530 × N	43.84( 33.29)	9.83	0.365
	50	332	541.66	49.12	2.344	9.780 × N	75.47( 58.80)	10.17	0.212
	100	382	543.16	49.83	4.068	16.280 × N	140.35(111.42)	10.75	0.114
MBW-4	25	307	540.91	48.27	1.482	6.530 × N	44.57( 34.02)	9.92	0.359
	50	332	541.66	49.08	2.344	9.780 × N	77.29( 60.62)	10.25	0.207
	100	382	543.16	49.79	4.068	16.280 × N	142.86(113.93)	10.83	0.112
MBW-5	25	308	536.05	38.83	1.559	6.516 × N	86.96( 75.85)	10.67	0.184
	50	333	536.80	42.64	2.422	9.776 × N	164.95(147.71)	11.08	0.097
	100	383	538.30	45.58	4.146	16.266 × N	320.00(290.48)	11.58	0.050
OBW-1	25	282	530.59	77.13	1.278	6.440 × N	44.59( 35.56)	8.67	0.358
	50	307	531.34	83.98	2.140	9.690 × N	84.21( 68.96)	8.92	0.190
	100	357	532.84	88.78	3.864	16.190 × N	163.27(135.78)	9.33	0.098
OBW-2	25	302	530.61	79.51	1.478	6.460 × N	52.46( 41.94)	8.75	0.305
	50	327	531.36	84.83	2.340	9.710 × N	90.91( 74.24)	9.00	0.176
	100	377	532.86	88.98	4.064	16.210 × N	168.42(139.49)	9.50	0.095
OBW-3	25	302	530.61	79.48	1.478	6.460 × N	53.69( 43.17)	8.83	0.298
	50	327	531.36	84.80	2.340	9.710 × N	94.12( 77.45)	9.08	0.170
	100	377	532.86	88.94	4.064	16.210 × N	173.91(144.98)	9.67	0.092
OBW-4	25	303	525.75	62.83	1.555	6.446 × N	104.58( 93.51)	9.42	0.153
	50	328	526.50	73.74	2.417	9.696 × N	197.53(180.33)	9.67	0.081
	100	378	528.00	82.17	4.141	16.196 × N	372.09(342.68)	10.08	0.043
OBW-5	25	307	540.91	75.46	1.474	6.530 × N	86.02( 75.52)	10.92	0.186
	50	332	541.66	83.06	2.344	9.780 × N	163.27(146.60)	11.17	0.098
	100	382	543.16	88.95	4.068	16.280 × N	313.73(284.80)	11.67	0.051

서 43%와 70%, 中斷熱에서 46%와 72%, 外斷熱에서 47%와 73%가 각각 감소되고 있고, 空氣層 設置類型의 경우 內斷熱에서는 外裝材 바로 內側(IBW-2)에 둔 것이 그리고 中斷熱 및 外斷熱에서는 內裝材 바로 外側(MBW-5, OBW-4)에 둔 것이 가장 작은 溫度差를 보여 주고 있으며 그 절대값은 內斷熱에 비해 中斷熱이 23%, 外斷熱 壁體가 27%가 작게 나타나고 있다.

그리고 이것과 外氣溫도의 振幅과의 對比를 보여주는 溫度振幅減少比는  $\phi$  및  $\phi'$  값 모두

3가지 斷熱方式에서 斷熱材 두께를 25mm 基準으로 2倍와 4倍로 증가시킴에 따라 內斷熱은 1.75와 3.28倍(1.79와 3.41倍), 中斷熱은 1.86과 3.59倍(1.92와 3.78倍), 外斷熱은 1.88과 3.65倍(1.94와 3.82倍)의 比率로 커지고, 空氣層을 두는 것이 없는 것에 비해 크며 가장 큰 값을 나타내는 空氣層의 位置는 外斷熱 및 中斷熱에서는 內裝材 바로 外側(OBW-4, HBW-5)에 두는 것이고 內斷熱에서는 外裝材 바로 內側(IBW-2)에 둔 것으로, 그 절대값을 內斷熱 壁重量과 同一한 것으로 환산하여

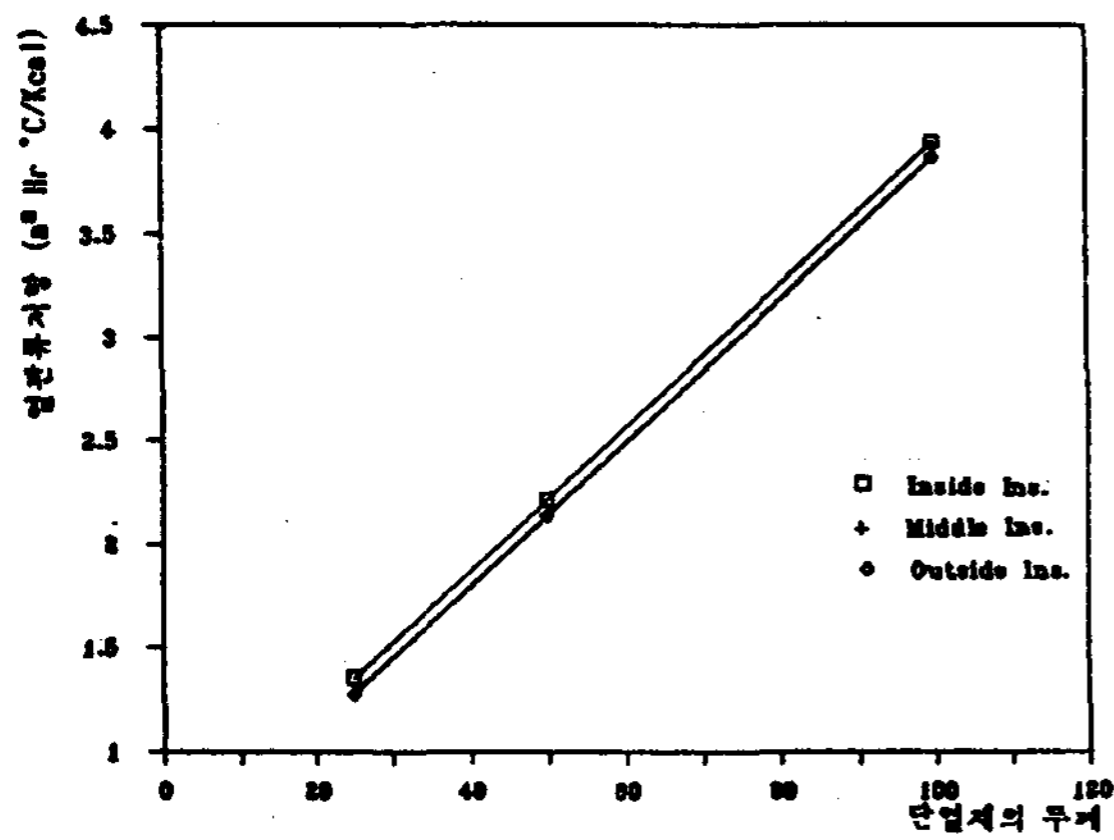


그림 5 斷熱方式別 斷熱材 두께 - 熱貫流抵抗

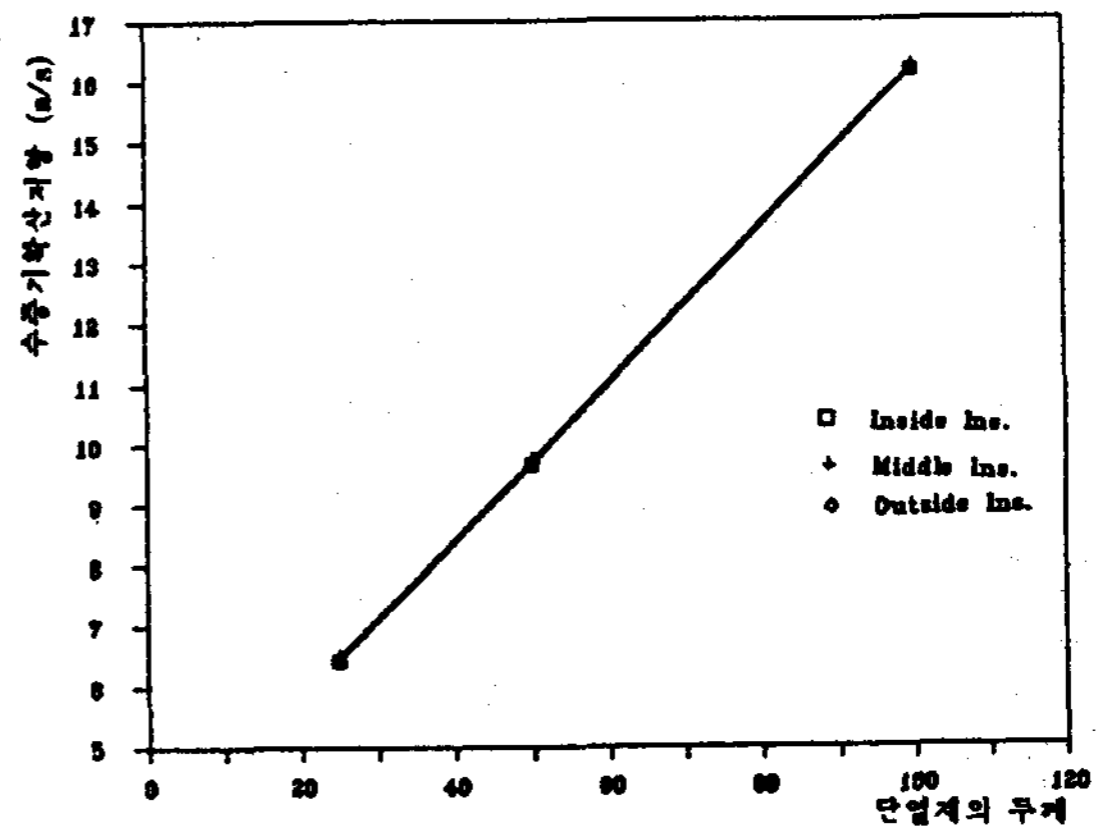


그림 6 斷熱方式別 斷熱材 두께 - 水蒸氣擴散抵抗

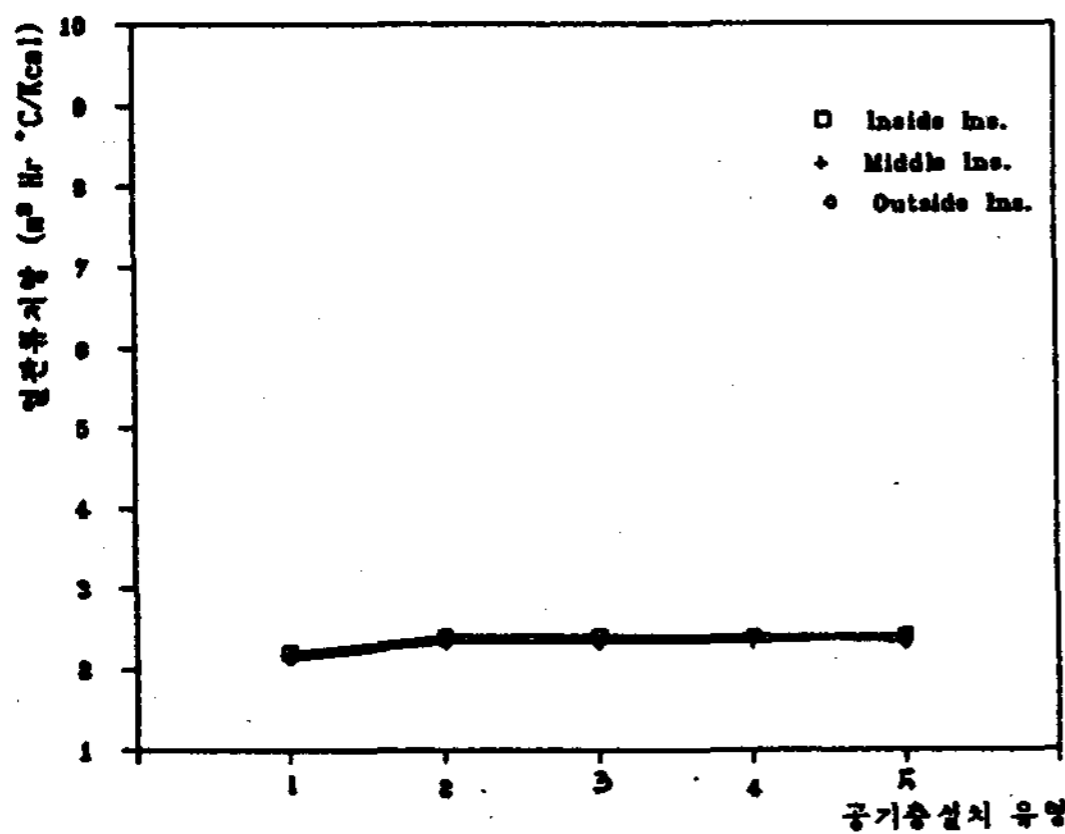


그림 7 斷熱方式別 空氣層 設置類型 - 熱貫流抵抗

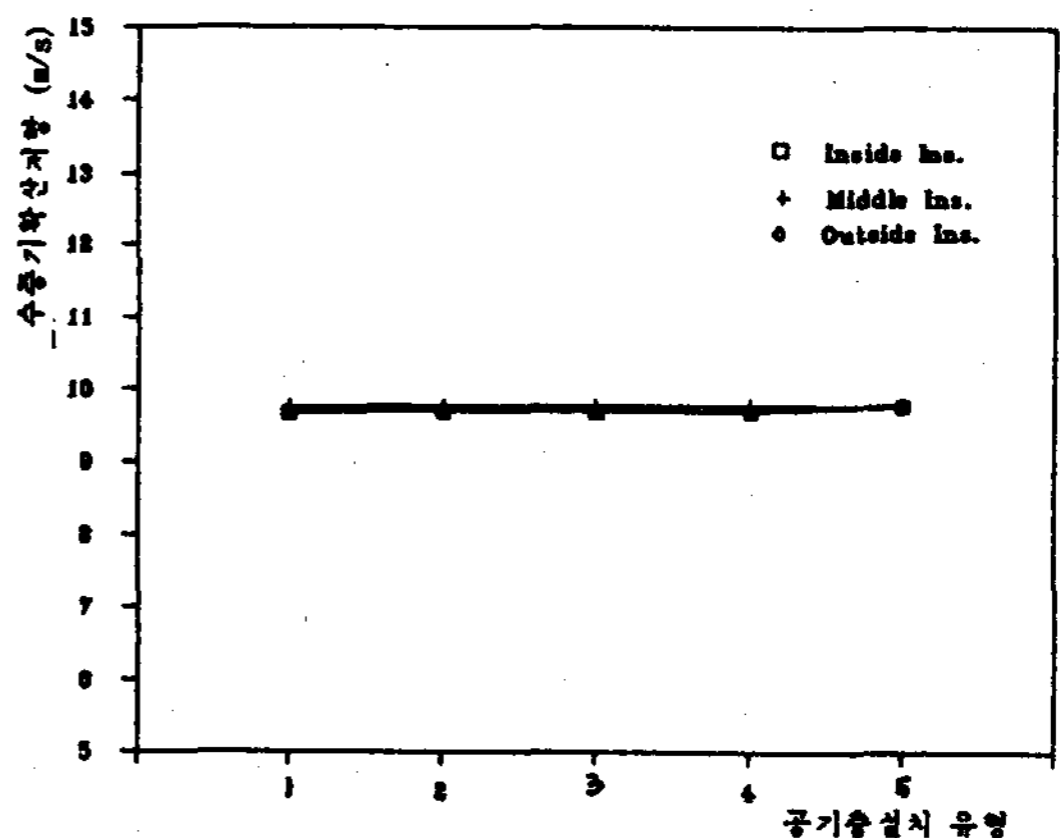


그림 8 斷熱方式別 空氣層 設置類型 - 水蒸氣擴散抵抗



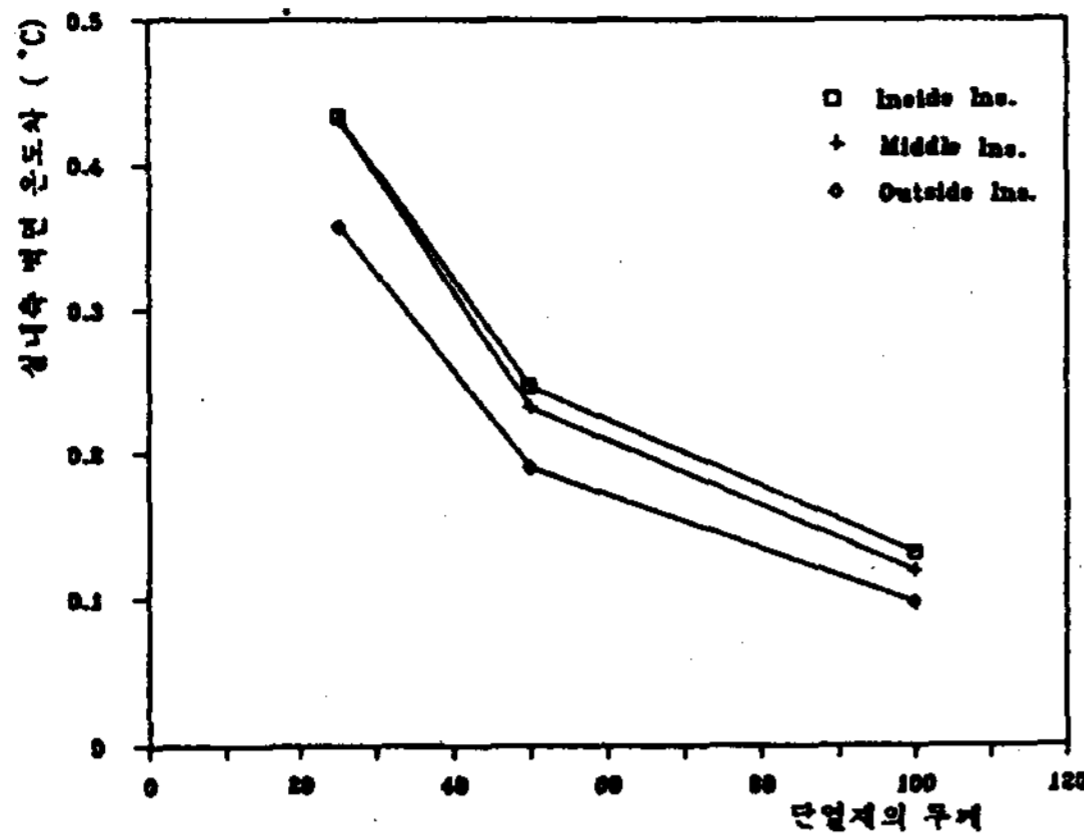


그림 9 斷熱方式別 斷熱材두께 - 室內側壁面溫度差

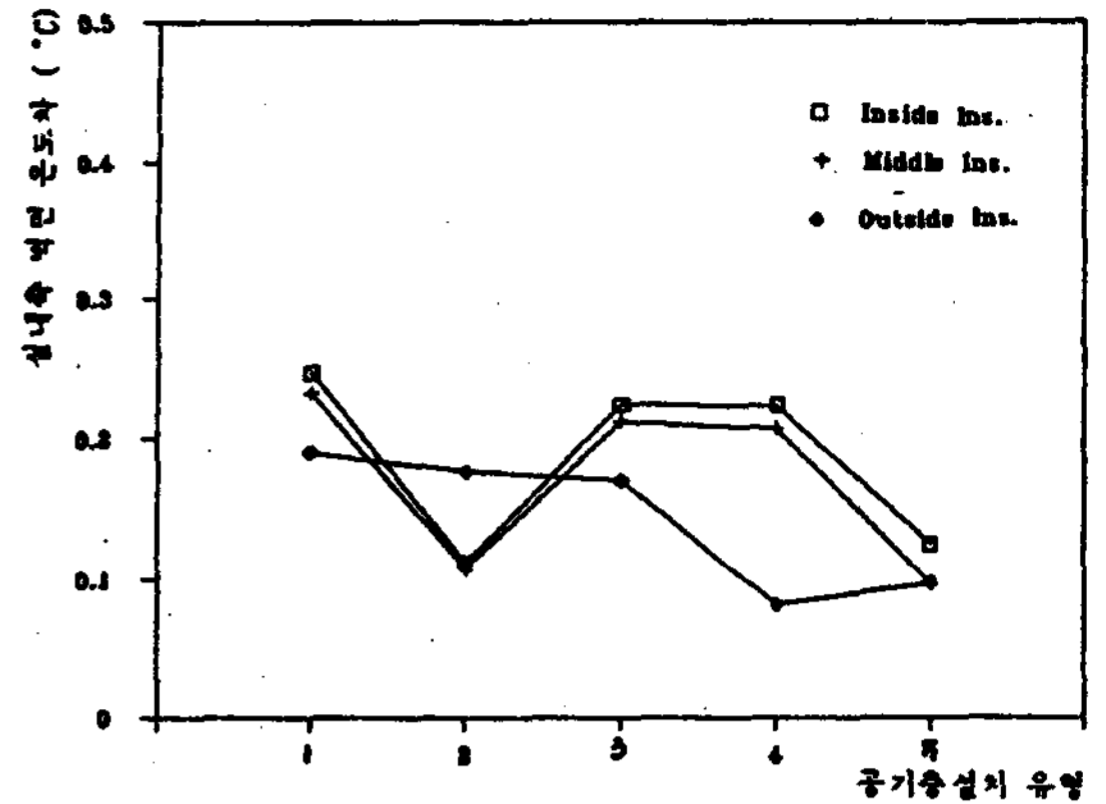


그림 10 斷熱方式別 空氣層設置類型 - 室內側壁面溫度差

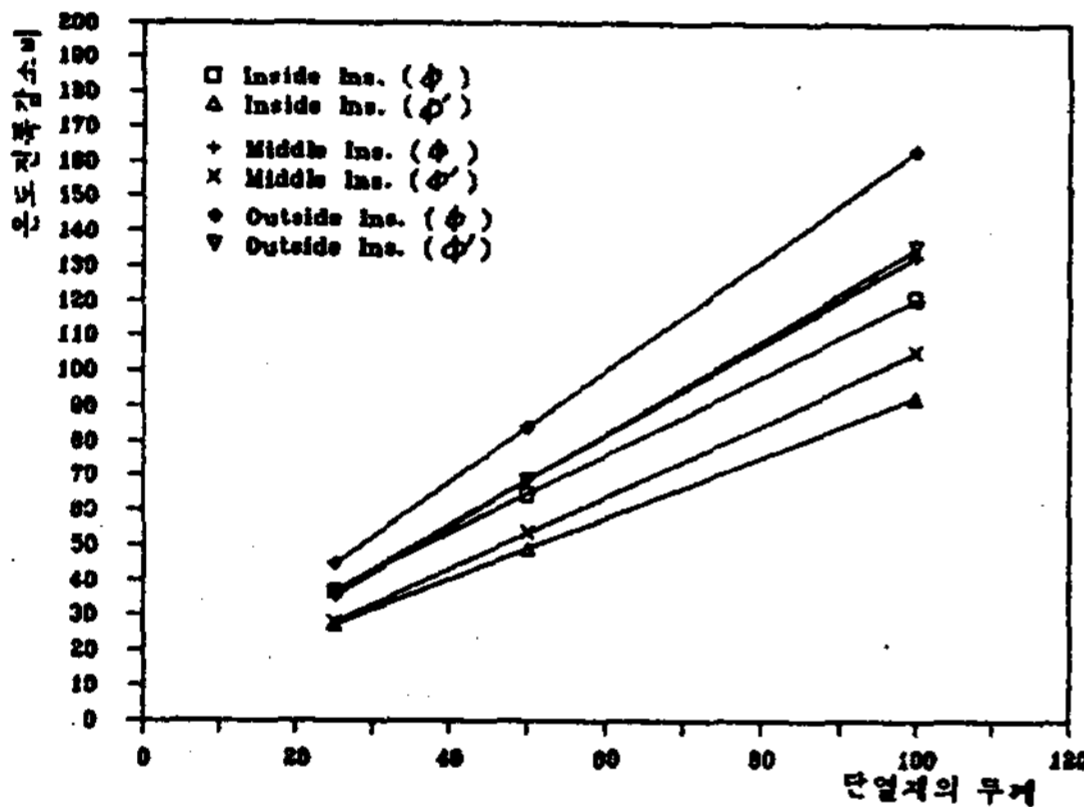


그림 11 斷熱方式別 斷熱材두께 - 溫度振幅減少比

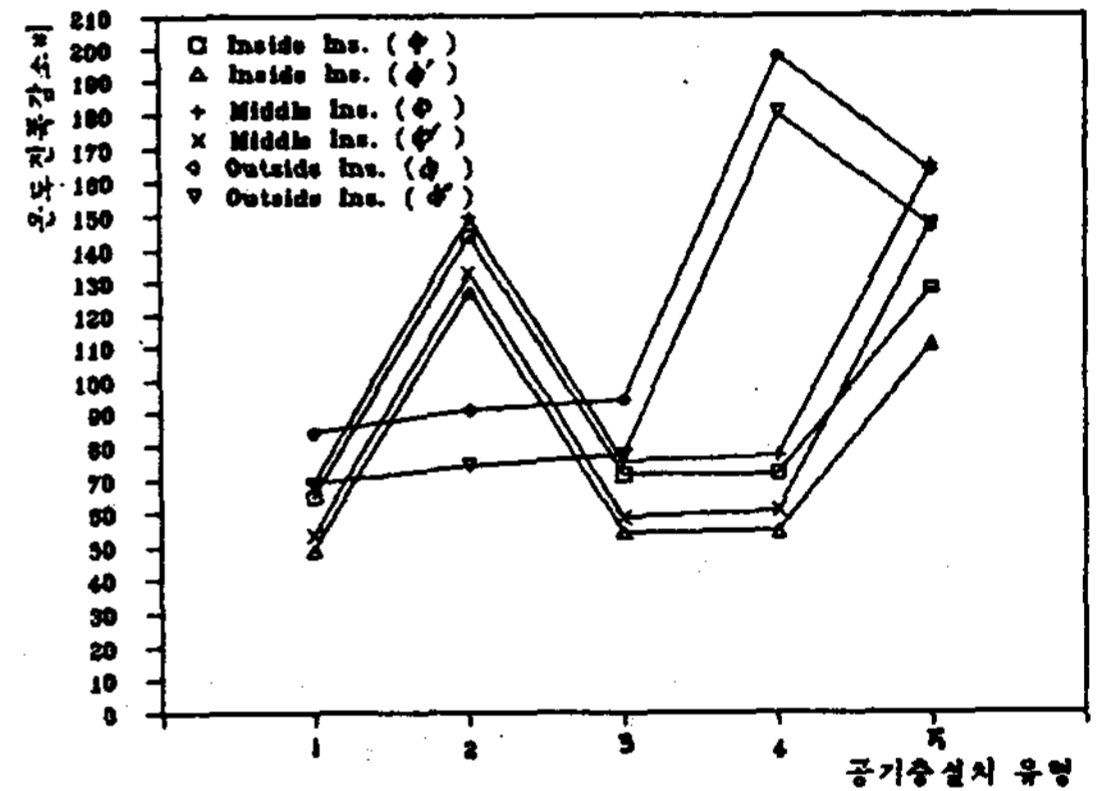


그림 12 斷熱方式別 空氣層設置類型 - 溫度振幅減少比

比較해 보면 內斷熱에 비해 中斷熱이 1.11 배 (1.13 배), 外斷熱이 1.36 배(1.41 배)로 크다. 또한 斷熱材 두께의 증가와 空氣層의 有無에 따른 효과를 比較해 보면 25 mm 斷熱材를 사용한 壁體를 基準으로 할 때 斷熱材를 50 mm로 증가시키면 內斷熱에서 1.75 배, 中斷熱에서 1.86 배, 外斷熱에서 1.88 배로 溫度振幅減少比가 커지는 데 반해 斷熱材 두께의 증가없이 空氣層만을 設置할 경우 最大로 內斷熱 2.22 배, 中斷熱 및 外斷熱에서 2.34 배로 증가되어 그 효과가 더 커진다.

끝으로 位相의 遲延은 斷熱材 두께를 2 배와

4 배로 증가시킴에 따라 內斷熱에서는 15 분과 45 분, 中斷熱에서는 25 분과 55 분, 外斷熱에서는 15 분과 40 분씩 길어지고 있는데 대해, 空氣層을 두는 것이 없는 것에 비해 最大로 內斷熱에서 2 時間, 中斷熱에서 1 時間 30 분, 外斷熱에서 2 時間 15 분이 긴 것으로 나타나고 있다. 한편, 空氣層의 設置 位置에 따른 變化를 보면 空氣層을 壁體 가운데 設置한 것이 內斷熱( IBW-5)과 外斷熱(OBW-5)에서 가장 긴 시간지연을 갖고, 中斷熱에서는 外裝材 바로 內側(OBW-2)에 둔 것이 가장 긴 타임-랙을 갖는다.

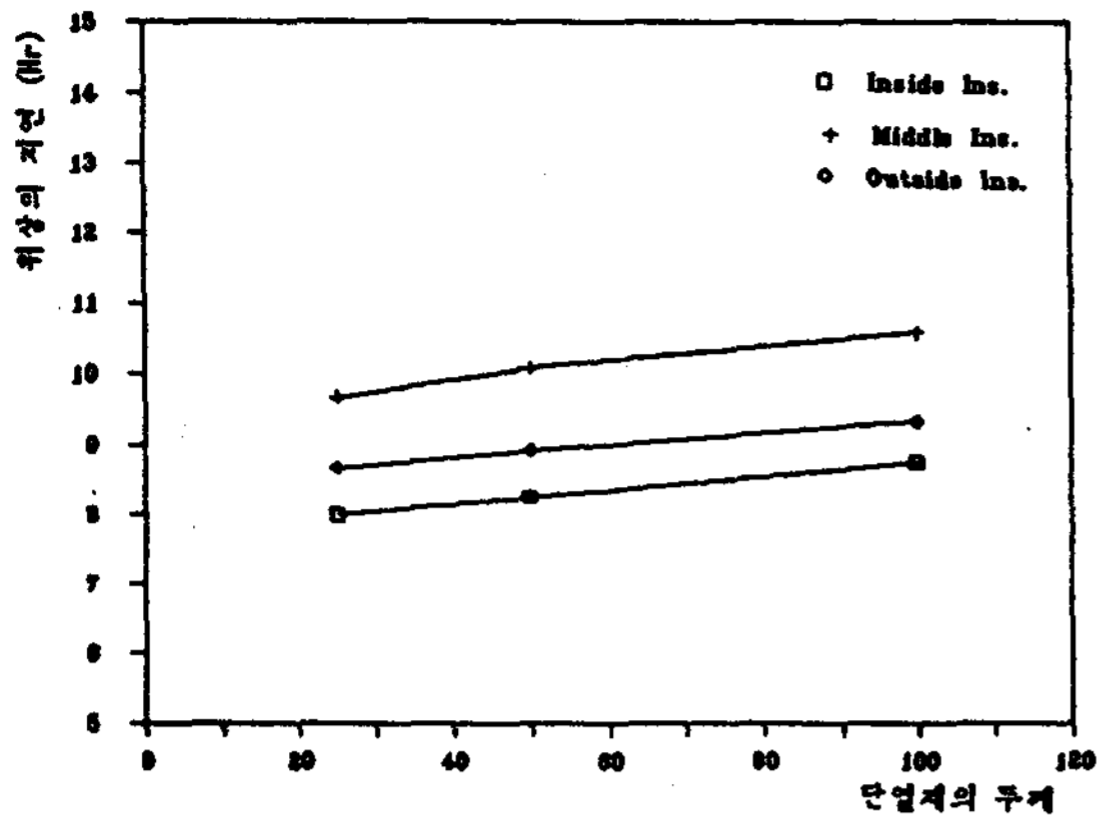


그림 13 斷熱方式別 斷熱材두께 - 位相의 遲延

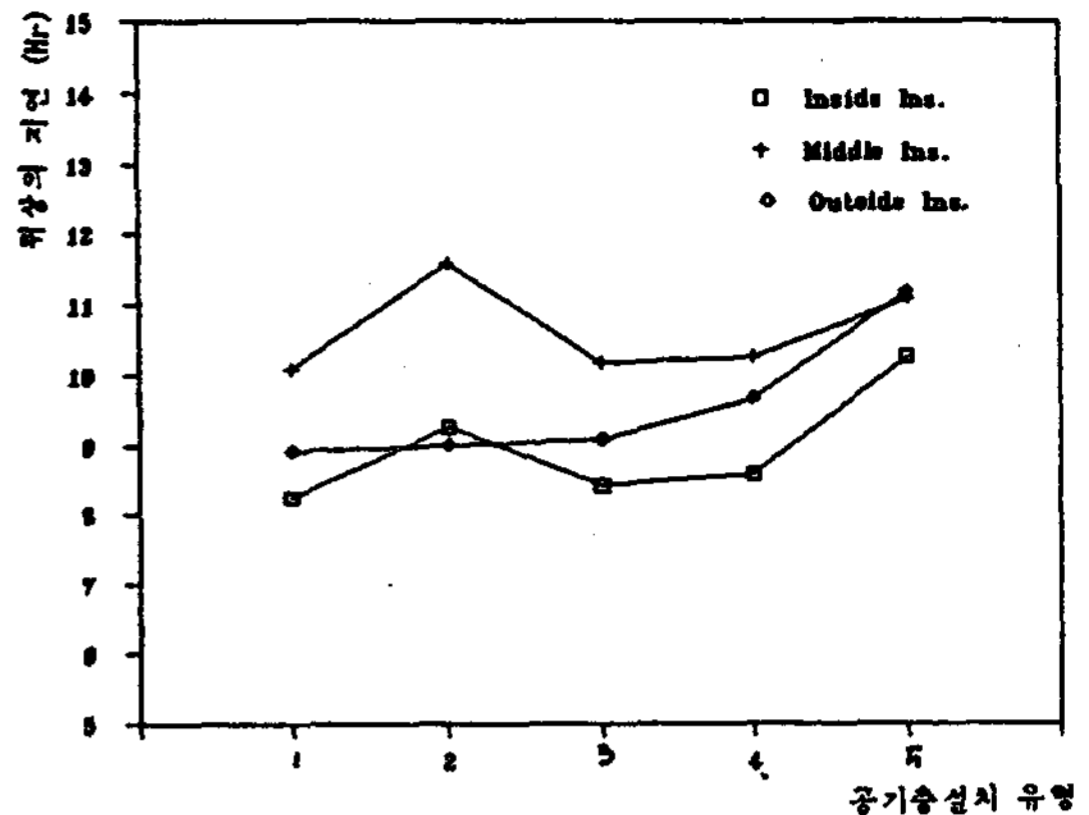


그림 14 斷熱方式別 空氣層設置類型 - 位相의 遲延

#### 4. 結 論

本 研究에서 수행한 斷熱方式, 斷熱材두께, 空氣層의 有無, 空氣層의 設置 位置에 따른 建物 外壁의 斷熱構造類型들의 熱性能 變動을 比較·分析한 結果를 要約해보면 다음과 같다.

1) 斷熱材 두께를 증가시킴에 따라 蓄熱數는 中斷熱 및 外斷熱에서는 증가하는데 그 증가분은 外斷熱이 中斷熱의 거의 4배에 이르고 있다. 반면에 內斷熱에서는 큰 폭으로 감소한다. 그리고 3 斷熱方式 모두에서 空氣層을 外裝材 바로 內側에 둔 壁體가 제일 큰 蓄熱數를 갖는데, 주의할 것은 空氣層의 位置에 따라 空氣層이 없는 壁體보다도 작은 蓄熱數를 가질 수 있다는 점이다.

2) 壁體의 熱貫流抵抗과 水蒸氣擴散抵抗은 3 가지 斷熱方式 모두에서 斷熱材 두께에 비례하여 증가하나 空氣層의 設置 位置에 따른 變化는 거의 없다.

3) 室溫變動에 직접적인 영향을 주는 室內側 壁表面溫度의 하루중 振幅은 斷熱材 두께에 비례하여 外斷熱 > 中斷熱 > 內斷熱의 順으로 減少되어지고, 空氣層의 設置類型에서는 外裝材 바로

內側 (IBW-2) 에 둔 것이 內斷熱에서, 內裝材 바로 外側 (MBW-5, OBW-4) 에 둔 것이 中斷熱 및 外斷熱에서 제일 작은 값을 갖는다.

4) 溫度振幅減少比는  $\phi$  및  $\phi'$  값 모두가 3 가지 斷熱方式에서 斷熱材 두께의 증가에 따라 外斷熱 > 中斷熱 > 內斷熱의 順으로 증가폭이 커지는데  $\phi'$  값의 증가폭이  $\phi$  값보다 더 큰 것은 上記의 順序로 蓄熱數가 더 크기 때문으로 판단된다. 한편 空氣層은 中斷熱 및 外斷熱에서는 內裝材 바로 外側 (MBW-5, OBW-4) 에 두는 것이 그리고 內斷熱에서는 外裝材 바로 內側 (IBW-2) 에 두는 것이 가장 큰 값을 보이며, 이 3 모델 壁體들의 溫度振幅減少比를 同一 壁重量으로 환산하여 比較해 보면 外斷熱 > 中斷熱 > 內斷熱의 順이 된다. 한편 效果面에서 25 mm 斷熱材를 50 mm 로 증가시키는 것 보다는 空氣層을 두는 것이 20% 이상 유리해 진다는 점에서 斷熱材 두께와 空氣層의 設置 位置와의 組合效果는 신중히 고려하여야 한다.

5) 位相의 遲延은 斷熱材 두께의 증가에 따라 中斷熱이 가장 큰 폭으로, 內斷熱 및 外斷熱은 비슷한 폭으로 증가하나, 오히려 斷熱材의 두께를 증가시키는 것 보다는 空氣層을 設置하는 것이 그 증가폭은 훨씬 커진다. 그리고 空氣

層의 設置 位置는 壁體가운데 두는 것이 內斷熱 및 外斷熱에서, 外裝材 바로 內側에 두는 것이 中斷熱에서 가장 긴 시간지연을 갖는다.

### 參 考 文 獻

1. 韓國動力資源研究所, 新築住宅의 에너지 節約研究, 1982.12, pp.132~133.
2. Burt Hill & Associates, Minimum Energy Dwelling, Housing and Urban Development, Wa., D.C., 1977, pp.99-100.
3. Erich Schild 外, Environmental Physics in Construction, Granada Publishing Ltd., 1981. pp.18-23.
4. J.P. Holman, Heat Transfer, 5th edition, McGraw-Hill, Inc., 1981, p.3.
5. Welty, James R., Engineering Heat Transfer, John Wiley & Sons, Inc., 1978, pp.43-45.
6. Kim, Kwang-Woo, Op. Cit., pp.42-80.
7. 孫章烈外, 建物外壁의 熱的性能에 관한 研究(I), 大韓建築學會誌, 1984.8, P.71. P71
8. Erich Schild 外, Op. Cit., pp.16-18.
9. Gupta, C.L., J.W. Spencer and R.W.R. Muncy, A Conceptual Survey of Computer-Oriented Thermal Calculation Methods, Proceedings of the Conference on use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings, NBS Building Science Series, October 1971.
10. ASHRAE, ASHRAE Handbook, 1985 Fundamentals.
11. K.W. Childs 外, Thermal Mass Assessment. Oak Ridge National Laboratory, 1983. 9.