

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

*Journal of the Korean Solar Energy Society*

Vol. 27, No. 4, 2007

## 건물의 열성능 평가 지표에 관한 연구

김미현\*, 서승직\*\*

\*인하대학교 대학원 건축학부(aeng00@hotmail.com),

\*\*인하대학교 건축학부(energeti@inha.ac.kr)

### A Study of Thermal Performance Evaluation Index for Building

Kim, Mi-Hyun\*, Suh, Seung-Jik\*\*

\*Dept. of Architecture, Graduate School, Inha University(aeng00@hotmail.com),

\*\*School of Architecture, Inha University(energeti@inha.ac.kr)

#### Abstract

This study intends to the adequacy inspection of the room temperature variation rate that is available in the building heat performance evaluation index, so we performed the sensitivity analysis about the room temperature variation rate and the energy consumption in the room. For these purpose, we supposed the models which are composed of the various window area, insulation thickness and ventilation rate. Then we analyzed the simulation using the ESP-r and Seoul weather data. In this research, the pattern of the increasing & decreasing rate of annual load according to the change of the various design factors is similar to the pattern of increasing & decreasing rate of not the K-values but the room temperature variation rate. Also we derive the optimum value of the various design factors and the room temperature variation rate in this analysis model. Further study is to be required the development of convenient tool to use in the real design.

**Keywords** : 에너지절약(Energy Conservation), 실온변동율(Room Temperature Variation Rate), 건물 열성능 지표(Building Heat Performance Evaluation Index)

접수일자 : 2007년 10월 17일, 심사완료일자:2007년 11월 27일

교신저자 : 서승직(energeti@inha.ac.kr)

### 기 호 설 명

- $L$  : 실의 열손실계수 (W/°C)
- $Q_{storage}$  : 실온을 1°C 상승시켰을 때의 벽체와 실내에 비축되는 열량 (Wh/°C)
- $Q_{id}$  : 실의 내부축열량 (실내의 내벽, 가구, 각종 기기 등에 비축되는 열량) (Wh/°C)
- $Q$  : 열류 (W)
- $RTVR$  : 실온변동율 (1/h)
- $H.L.$  : 난방부하 (kWh)
- $C.L.$  : 냉방부하 (kWh)
- $C_w$  : 실내에서 단열재까지의 벽의 평균비열 (kcal/kg°C)
- $\gamma_w$  : 실내에서 단열재까지의 벽의 평균비중량 (kg/m<sup>3</sup>)
- $d_w$  : 실내에서 단열재까지의 벽 두께 (m)
- $A_w$  : 벽의 면적 (m<sup>2</sup>)
- $C_a$  : 공기의 비열 (J/kg°C)
- $\rho_a$  : 공기의 밀도 (kg/m<sup>3</sup>)
- $V_r$  : 환기량 (m<sup>3</sup>/h)
- $v_r$  : 실용적 (m<sup>3</sup>)
- $K_w$  : 열관류율 (W/m<sup>2</sup>°C)
- $t_i$  : 실내온도 (°C)
- $t_o$  : 실외온도 (°C)
- $\alpha_i$  : 실내 열전달율 (W/m<sup>2</sup>°C)
- $\alpha_o$  : 실외 열전달율 (W/m<sup>2</sup>°C)
- $l_n$  : 다층 벽의 각 층의 두께 (m)
- $\lambda_n$  : 다층 벽의 각 층의 열전도율 (W/m°C)

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 목적

국내의 에너지 해외 의존도는 약 97%에 달하고 있을 뿐 아니라 2001년 기준으로 건물부문의 에너지도 전체 사용량의 약 30%에 이르고 있다. 이로 인하여 그동안 국내에서는 주로 건물의 에너지 절약을 위하여 꾸준히 노력해 왔다.

하지만 건물 전체의 성능보다는 요소 기술의 개발과 적용에 급급한 결과, 건물 에너지 절감에는

큰 효과를 거두지 못하고 있는 것이 현실이다. 또한 국내의 건축물 에너지 절약 설계기준은 건축물의 열손실방지<sup>1)</sup>, 에너지절약계획서의 제출<sup>2)</sup> 등과 관련하여 건축물의 열성능을 건축물 부위별 열관류율표에 따라 계획하도록 하고 있으며, 건축물 에너지 절약 성능 인증을 위한 평가시 부위별 기준이 향상된 형태인 EPI 기준을 적용하고 있다.<sup>3)</sup>

반면에 선진국의 경우에는 단위면적이나 단위부피 등에 따라 건물의 전체적인 에너지 소비를 기준으로 건물의 열성능을 평가하고 있다. 따라서 선진국의 열성능 평가와 비교해 보면, 국내의 열성능 평가는 각 기준이 건물의 부위별로 매우 단순하여, 효율적인 에너지절감을 기대하기가 어렵다.

따라서 본 연구는 건물의 열성능 평가 기준을 부위별이 아닌 전체 성능으로 정함에 따라 건물의 효율적인 에너지절감을 기대하기 위한 목적으로, 실질적이고 총체적인 단일한 건물에너지 성능평가 지표에 관련된 연구로써, 에너지 절약지표 제시에 유용한 자료가 될 것으로 사료된다.

### 1.2 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 건물의 온열 환경에 많은 영향을 미치는 주요 설계인자 중 남측벽면에 대한 창면적비, 구조체(벽체, 지붕, 바닥)의 단열재 두께, 환기횟수의 변화에 따른 실온변동율과 열관류율의 변화 양상을 분석하고, 각 인자의 최적에 대한 실온변동율을 밝히고자 한다. 궁극적으로 각 설계인자의 변화에 따른 실온변동율이 열관류율과 비교하여 얼마나 건물의 부하 변화 패턴을 반영하는지를 규명할 것이다.

따라서 위에서 언급한 설계인자들의 변화에 따른 연간난방부하의 변화 패턴을 예상하기 위해서 비정상 자연실온 예측이 가능한 건물에너지 해

1) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제 21조

2) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제 22조

3) 한국건설기술연구원, 총량베이스 건축물 에너지절약 관리기법 개발 연구, 한국건설기술연구원, 2006.7

석 프로그램인 ESP-r을 사용하여 분석을 진행하였다. ESP-r은 수치적 알고리즘을 기반으로 건물 에너지를 해석하고 있으며 EU에서 자연형태양열 시스템해석을 위한 표준프로그램으로 지정된 바, BEST\_TEST를 통해 그 신뢰성이 세부적 검증에 의해 입증되었다.

## 2. 열성능 평가 지표

### 2.1 부위별 성능 기준

열관류란 벽체, 천장, 및 바닥 등에서 열이 “전달 → 전도 → 전달”이라는 과정을 거쳐 이동하는 것 즉, 열전도, 열전달을 통한 벽체 내·외부간의 열 흐름을 말한다.

$$Q = K(t_i - t_o)A \quad (W) \quad (1)$$

또한 열관류율이란 벽 양쪽 공기의 온도차가 1℃일 때 1시간동안 벽의 1m<sup>2</sup>를 관류하는 열량을 나타낸다. 따라서 열관류율이 큰 벽일수록 단열성이 낮아지게 된다.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_1^n \frac{l_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_o}} \quad (W/m^2\text{℃})$$

$$= f(\alpha_i, \alpha_o, l, \lambda) \quad (2)$$

현재 우리나라는 에너지 절약을 위한 단열 기준으로 부위별 단열 두께를 제시하고 있으나, 점차 식 (2)에 의해 도출된 건축물 부위별(벽, 천장, 바닥, 창호) 열관류율인 부위별 성능 기준으로 발전하고 있다. 그러나 건물의 열손실 원인은 다양하며, 이 모든 인자는 통합된 형태로 건축물의 열환경에 영향을 주기 때문에, 부위별 두께나 성능기준의 규제만으로는 현실적인 에너지 절약을 기대하기 어렵다.

### 2.2 전체 성능 기준

실내 온열환경에 영향을 주는 인자는 설계인자와 기후인자로 구분할 수 있다. 설계자는 기후인자를 면밀히 파악한 후, 그 기후 특성에 맞추어 설계 초기 단계에서부터 정량적으로 예측하여 적절한 설계인자를 적용하여야 한다. 또한 실내 온열환경에 영향을 주는 설계인자들은 서로 상호보완적으로 건물의 에너지에 영향을 주기 때문에 다양한 설계인자의 통합적인 고려가 요구된다.

건물의 열수지 방정식은 다음과 같다.

$$\text{축열량} + \text{손실열량} = \text{공급열량} \quad (3)$$

따라서 일정한 H의 열공급 시 열수지 방정식은 식 (4)와 같다.

$$Q_{\text{storage}} \frac{d\theta(t)}{dt} + L\theta(t) = H \quad (4)$$

식 (4)에서  $Q_{\text{storage}}$ 와  $L$ 은 다음 식으로 정의된다.

$$Q_{\text{storage}} = C_w \rho_w A_w d_w + C_a \rho_a V_r + Q_{id}$$

$$L = K_w A_w + C_a \rho_a V_r \quad (5)$$

식 (5)에서  $Q_{id}$ 는 실내에서의 가구나, 각종 기기, 내벽 등에 비축되는 실내 축열량을 의미한다. 하지만, 본 연구에서의 분석건물은 단위실로 가정하였고, 가구 및 각종 기기 또한 사용자의 기호에 따라 상의하여 적절한 기준이 마련되어 있지 않기 때문에, 실내에 축열요소를 배제하고 연구를 수행하였다. 또한 선행연구에서  $Q_{\text{storage}}$  산정 시 벽체에서의 축열은 벽체 두께의 절반까지에서만 일어난다고 가정하였는데, 외벽에서는 대부분의 축열이 단열재부분에서 일어나기 때문에 이것을 고려하여, 본 연구에서는 축열에 대한 각 물성치(비열,

밀도, 두께)는 실내에서 단열재까지 물성치를 고려하여 실온변동율을 산출하였다.

최초 실내외의 기온을 0℃, 열공급 개시 t시후 실온을  $\theta(t)$ ℃라 하면, 열공급 후 t시간 후의 온도  $\theta(t)$ 는 식 (6)과 같이 구할 수 있다.

$$\theta(t) = \frac{H}{L} \left( 1 - \exp\left(-\frac{L}{Q_{storage}} t\right) \right) \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (6)$$

식 (6)에 의하여 건물의 열손실에 비해 공급열량이 크면, 정상 실온은 높아지게 되고, 건물의 축열량에 비해 열손실이 커지면, 실온 상승 및 강하는 급격히 이루어짐을 알 수 있다. 따라서 실의 온도 변화율을 나타내는 실온변동율은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} RTVR &= \frac{L}{Q_{storage}} \text{ (1/h)} \\ &= \frac{K_w A_w + C_a \rho_a V_r}{C_w \rho_w A_w d_w + C_a \rho_a v_r + Q_{id}} \\ &= f(k_w, A_w, V_r, d_w, \dots) \end{aligned} \quad (7)$$

이상의 결과로 보아 부위별 두께나 성능기준에 비해 실온변동율은 건물 온열환경에 영향을 주는 다양한 설계인자들을 총체적이고, 정량적으로 분석할 수 있는 보다 실질적인 단일한 지표가 될 것이라 사료된다.

### 3. 열성능 분석을 위한 개요

이상의 고찰 결과, 건물의 효율적 에너지 관리를 위해서는 건물의 열적성능을 하나로 표시할 수 있는 지표의 사용이 요구된다는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 시뮬레이션을 통해 도출된 연간 부하 변동패턴을 실온변동율과 열관류율의 변동패턴으로 비교 분석하여, 건물의 열성능 지표로서 두 가지 지표의 타당성을 분석하였다.

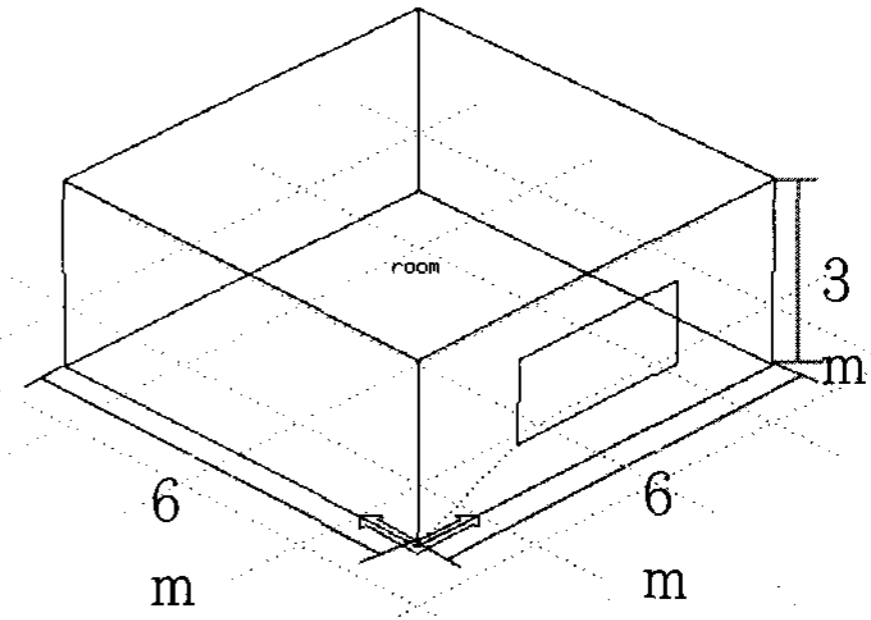


그림 1. 분석 건물 개략도

따라서 본 연구는 이미 언급한 실온변동에 영향을 주는 주요 5가지 설계인자(남측벽면에 대한 창면적비, 벽체(내단열, 외단열)와 지붕, 바닥의 단열재 두께, 환기 횟수)의 변화에 따른 실온변동율과 열관류율 및 연간부하 패턴을 평가하였고, 시뮬레이션은 가능한 한 단순화시켜 분석을 진행하였다.

분석 건물의 크기는 6m×6m×3m로 그림 1과 같으며, 시뮬레이션 모델의 위치(서울) 및 주요 입력값은 표 1과 같다. 조명 및 기기, 인체의 발열 부하는 사용자의 거주 패턴에 따라 상이하며, 신뢰성 있는 데이터의 부재로 스케줄화하지 않았다. 또한 선행연구에서는 시뮬레이션의 단순화를 위해 지중온도를 연중 일정한 값으로 가정하고 연구를 진행하였다. 그러나 본 연구에서는 바닥 단열재 두께의 변화에 따른 보다 실질적인 냉난방부하 변화경향을 산출하기 위해 월별 지중온도 데이터를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 벽체 구성과 각 재료의 물성값<sup>4)</sup>은 표 2와 같다. 연간냉난방부하를 산정하기 위한 기상데이터는 서울시의 11년간(1983~1993) 데이터를 사용하였다. 시뮬레이션 수행에 앞서 연구에 사용된 기상데이터를 수행하였다. 각 분석항목은 월평균 값을 기준으로 하였으며, 그 분석 결과는 표 3과 같다.

4) 한국주택공사 중부지방 열관류율표, 지역에 따른 건축물 부위별 열관류율표, ASHRAE HANDBOOK 1997 Fundamentals 참조.

표 1. 시뮬레이션 모델 위치 및 주요입력값

항목	내용
위도	북위 37.5
경도	동경 127
난방설정온도	20℃
냉방설정온도	26℃
환기횟수	0.7회/h
조명부하	4W/m <sup>2</sup>
기기부하	14W/m <sup>2</sup>
인체발열부하	22.6W/m <sup>2</sup>

표 2. 벽체 물성값

	재료명	열전도율 (W/m℃)	두께 (mm)	밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	비열 (J/kg℃)
외벽	콘크리트	1.4	200	2400	790
	단열재	0.029	53	40	1210
	석고보드	0.589	12.5	800	1090
	K-values : 0.463 (W/m <sup>2</sup> ℃)				
지붕	시멘트 몰탈	0.97	80	1600	880
	단열재	0.029	67	40	1210
	아스팔트 루핑	0.105	5	837	2325
	아스팔트	0.732	5	2300	1700
	콘크리트	1.4	180	2400	790
	단열재	0.029	20	40	1210
	석고보드	0.58	9.5	800	1090
K-values : 0.29 (W/m <sup>2</sup> ℃)					
바닥	콘크리트	1.4	140	2400	790
	단열재	0.029	64	40	1210
	경량기포 콘크리트	0.116	40	350	837
	시멘트 몰탈	1.97	40	1600	880
K-values : 0.349 (W/m <sup>2</sup> ℃)					
창	6mm CL K-values : 5.738 (W/m <sup>2</sup> ℃)				

표 3. 기상데이터 분석

	온도 (℃)	전일사 (Wh/m <sup>2</sup> )	풍속 (m/s)	습도 (%)
1월	-3.4	163.4	1.5	66.4
2월	-0.6	186.2	2.5	53.8
3월	6.2	203.3	2.0	64.8
4월	11.9	199.7	1.9	67.7
5월	17.3	225.8	1.8	67.4
6월	21.5	203.7	2.0	78.3
7월	24.7	144.0	2.0	80.7
8월	25.0	173.1	2.2	79.1
9월	21.2	195.3	1.0	76.9
10월	14.6	210.0	0.7	69.8
11월	6.9	147.0	1.8	65.4
12월	-0.6	129.7	1.6	49.9
년	12.1	181.8	1.7	68.3

## 4. 결과 분석

### 4.1 창면적비

건물의 실온 변화와 연간부하에 많은 영향을 미치는 남측벽면의 창면적비 증감에 따른 실온변동율과 냉난방부하의 민감도 분석은 창문이 없는 경우를 기준으로 하여 기준모델 대비 10%씩 증가시켜 평가하였고, 그 결과는 그림 2, 3과 같다.

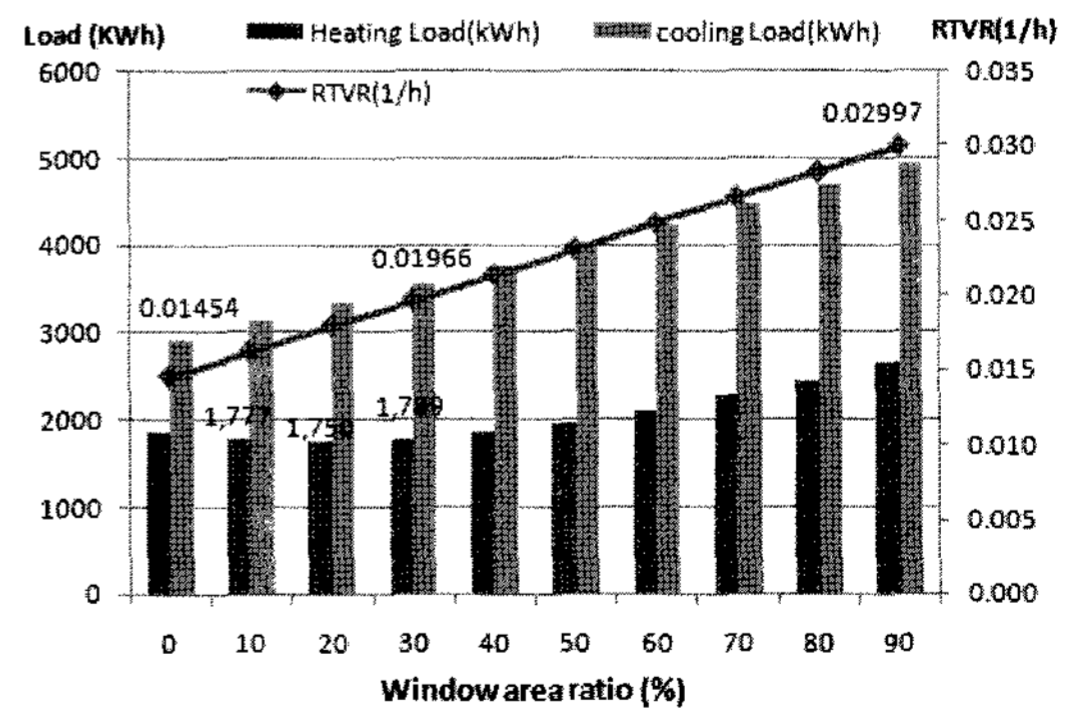


그림 2. 창면적에 따른 실온변동율과 연간부하의 증가율

서울은 1월 평균기온이 -3.4℃로 쾨펜의 기후구분에 의하면 냉대기후에 속하며, 온량지수에 의한 기후구분으로는 지수가 104.3으로 남부형 기후에 속한다.

그림 2에 따르면, 창문면적에 따라 실온변동율은 0.01454~0.02997로 증가하였다. 창문면적이 증가할수록 창을 통한 일사량 획득의 증가 때문에 냉방부하는 증가하였고, 난방부하의 경우,

창문의 취약한 단열성에도 불구하고 일사량 획득 증가에 의해 창면적비 20%까지는 감소하다, 그 후 점차 증가하였다.

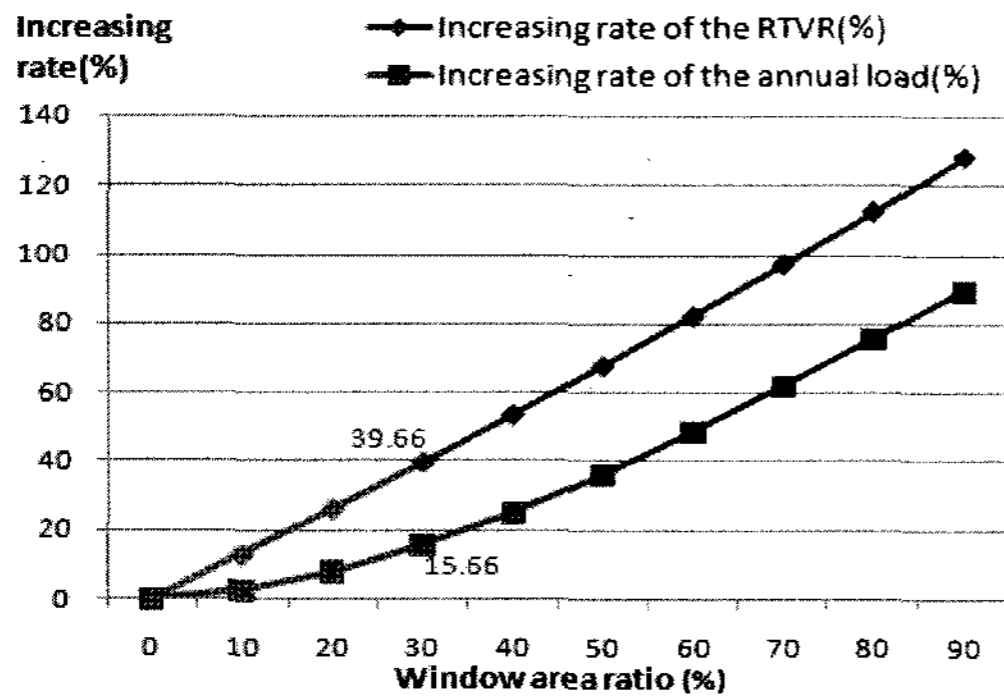


그림 3. 창면적에 따른 실온변동율과 연간부하의 증가율

그림 3에 의하면, 창문면적이 증가할수록 기준 모델 대비 실온변동율과 연간부하는 모두 증가하는 것으로 분석되었다. 그러나 연간부하는 창면적비가 30% 이상인 경우 증가율이 15.66%를 넘어섰고, 증가폭도 이전보다 높아지고 있음으로 채광과 환기를 고려한 최적의 남측창 면적은 남측벽면 대비 30%인 것으로 판단되며, 이때의 실온변동율은 0.01966이었다.

## 4.2 구조체 단열성능

구조체의 단열성능 향상에 따른 연간부하 및 실온변동율의 민감도 분석은 부위별 단열재 두께를 변화시켜 수행하였으며, 벽체, 지붕, 바닥은 각각 13mm, 17mm, 14mm를 기준으로 10mm씩 증가시켜 분석하였다. 또한 벽체의 경우, 단열재 위치를 변화시켜 내단열과 외단열로 구분하여 분석하였으며, 그 결과는 표 4와 같다. 표 4에 의하면, 벽체와 지붕은 단열성능이 향상될수록 냉방부하는 높아지고, 난방부하는 낮아졌는데, 이는 구조체의 단열성능 향상으로 내부발열이 실외로 빠져나오지 못해 동절기에는 난방성능을 향상시키고, 하절기에는 냉방부하로 작용하기 때문인 것으로 판단된다. 반대로 바닥의 경우에는 단열성능이 향상될수록 냉난방부하 모두 감소하였다. 이는 단열성능이 낮을수록 지중온도에 직접적인 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

### 4.2.1 벽체의 단열성능

벽체의 단열성능 향상에 따른 연간부하 및 실온변동율의 민감도 분석은 단열재 위치에 따라 외단열과 내단열로 구분하였다. 표 4를 통해서 단열재 두께가 같더라도 즉, 열관류율이 같더라도 외단열시, 내단열에 비해 건물의 실온변동율과 연간 냉난방부하가 감소됨을 알 수 있다.

표 4. 부위별 단열재 두께에 따른 실온변동율 및 연간 냉난방부하

벽내단열			벽외단열			지붕			바닥					
두께	RTVR (1/h)	H.L. (kWh)	C.L. (kWh)	RTVR (1/h)	H.L. (kWh)	C.L. (kWh)	두께	RTVR (1/h)	H.L. (kWh)	C.L. (kWh)	두께	RTVR (1/h)	H.L. (kWh)	C.L. (kWh)
13	0.02958	3864	2761	0.01274	3786	2485	17	0.02253	2285	3352	14	0.02349	1944	3977
23	0.02484	2886	3072	0.01060	2871	2743	27	0.02165	2116	3418	24	0.02205	1887	3916
33	0.02231	2348	3287	0.00943	2322	2970	37	0.02099	1995	3468	34	0.02114	1832	3867
43	0.02073	2010	3445	0.00870	1971	3146	47	0.02046	1905	3508	44	0.02050	1823	3753
53	0.01966	1789	3562	0.00819	1724	3287	57	0.02002	1834	3539	54	0.02003	1799	3651
63	0.01887	1610	3662	0.00780	1536	3398	67	0.01966	1789	3562	64	0.01966	1789	3562
73	0.01827	1483	3740	0.00751	1402	3500	77	0.01935	1733	3588	74	0.01937	1760	3492
83	0.01779	1382	3805	0.00727	1322	3547	87	0.01907	1695	3606	84	0.01913	1745	3430
93	0.01739	1302	3860	0.00707	1212	3636	97	0.01884	1662	3622	94	0.01894	1731	3375
103	0.01707	1235	3907	0.00691	1138	3707	107	0.01862	1619	3637	104	0.01876	1719	3327

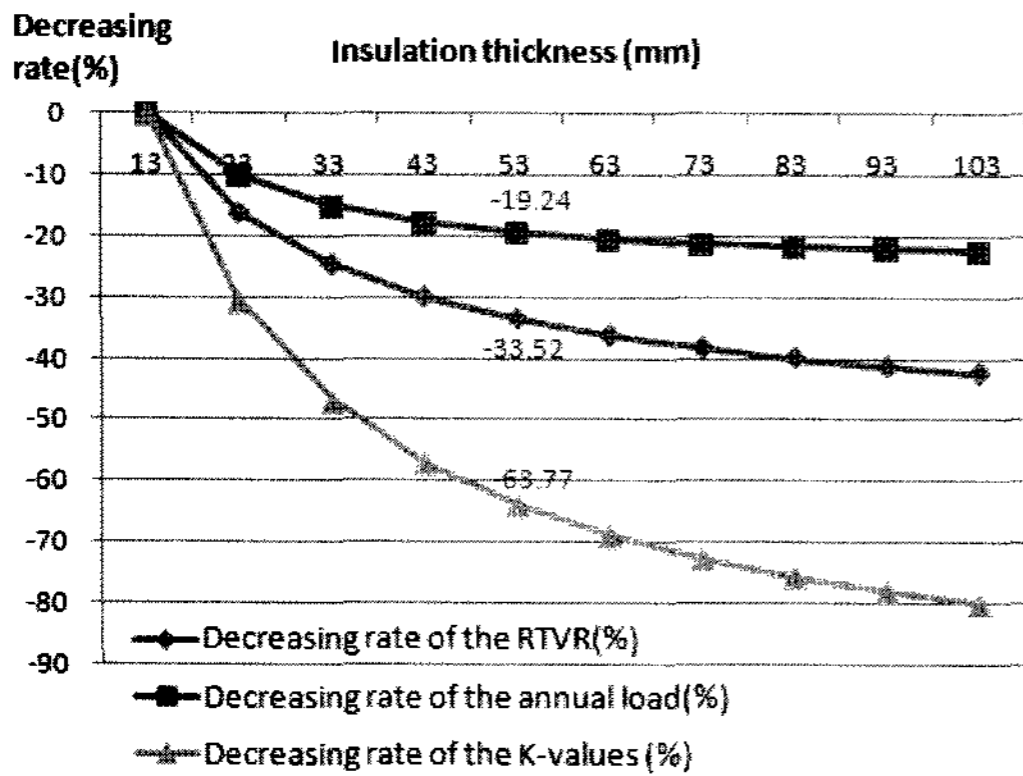


그림 4. 벽체 내단열재 두께에 따른 실온변동율과 연간부하 및 열관류율의 감소율

그러나 두 경우 모두 그림 4, 5와 같이 단열재 두께에 따라 실온변동율과 연간부하 및 열관류율은 선형적 감소가 아닌 일정한 값에 수렴하는 감소를 보였다. 또한 내단열과 외단열 모두 단열재 두께가 53mm 이상에서는 연간 부하와 실온변동율의 절감율이 상당히 감소됨으로 단열재 두께는 부하 절감율이 약 20%인 두께 53mm가 적절하다고 사료된다. 그리고 벽체단열 성능 증가에 따른 연간부하 감소율 패턴은 열관류율이 아닌 실온변동율의 감소율과 유사했다.

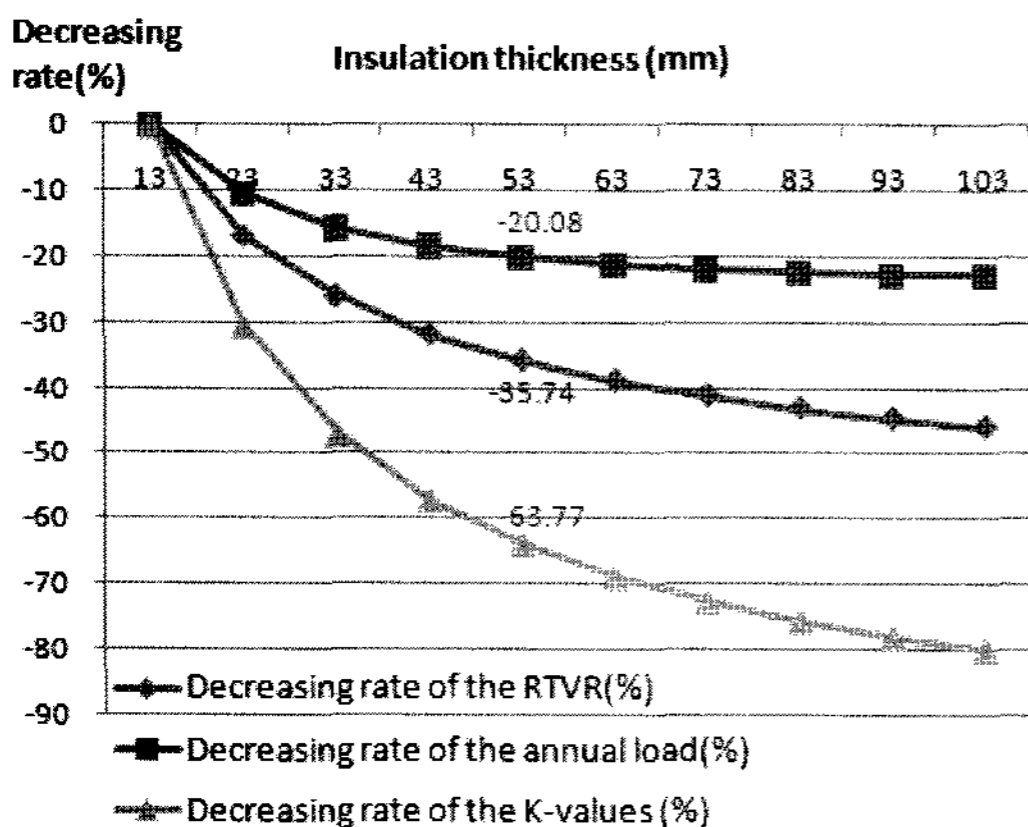


그림 5. 벽체 외단열재 두께에 따른 실온변동율과 연간부하 및 열관류율의 감소율

#### 4.2.2 지붕 단열 성능

지붕의 단열성능 향상에 따른 연간부하, 열관류율, 및 실온변동율의 민감도 분석 결과는 그림 6과 같다. 단열재 두께에 따른 실온변동율과 연간부하 및 열관류율의 변화경향은 외벽의 경우와 마찬가지로 일정한 값에 수렴하는 감소를 보였다. 따라서 단열재 두께는 부하 절감율이 5.08%인 67mm가 적절하다고 판단된다.

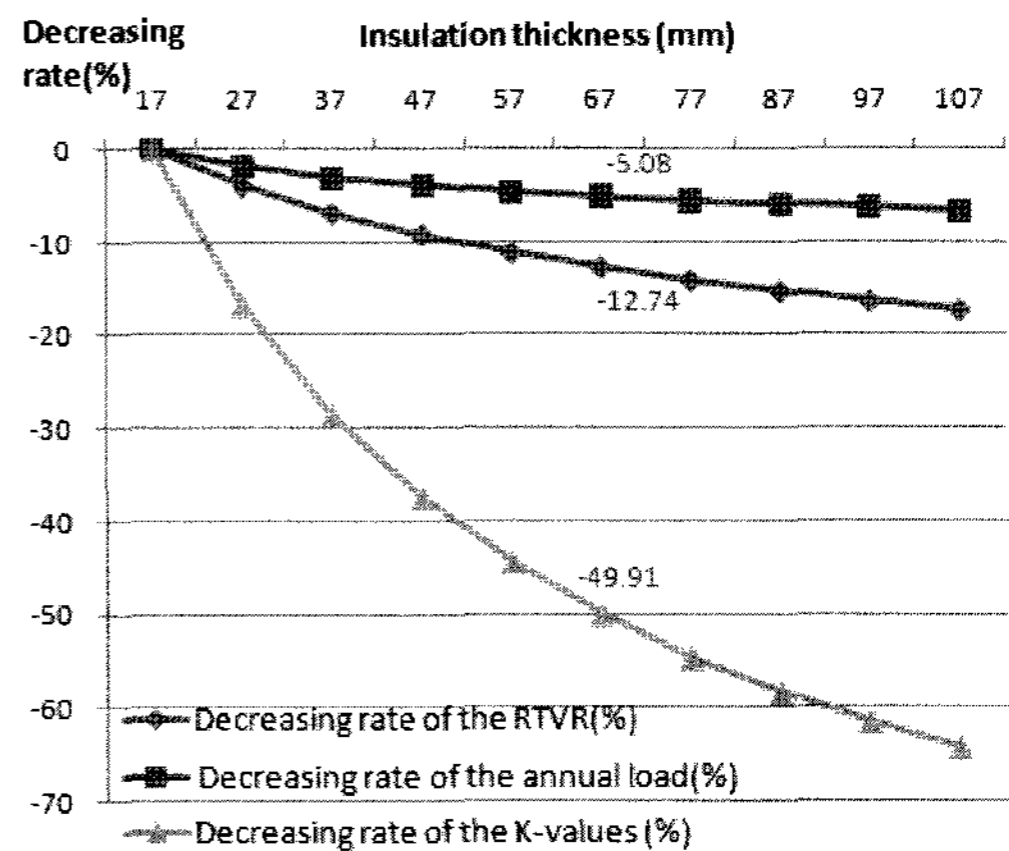


그림 6. 지붕 단열재 두께에 따른 실온변동율과 연간부하 및 열관류율의 감소율

#### 4.2.3 바닥 단열 성능

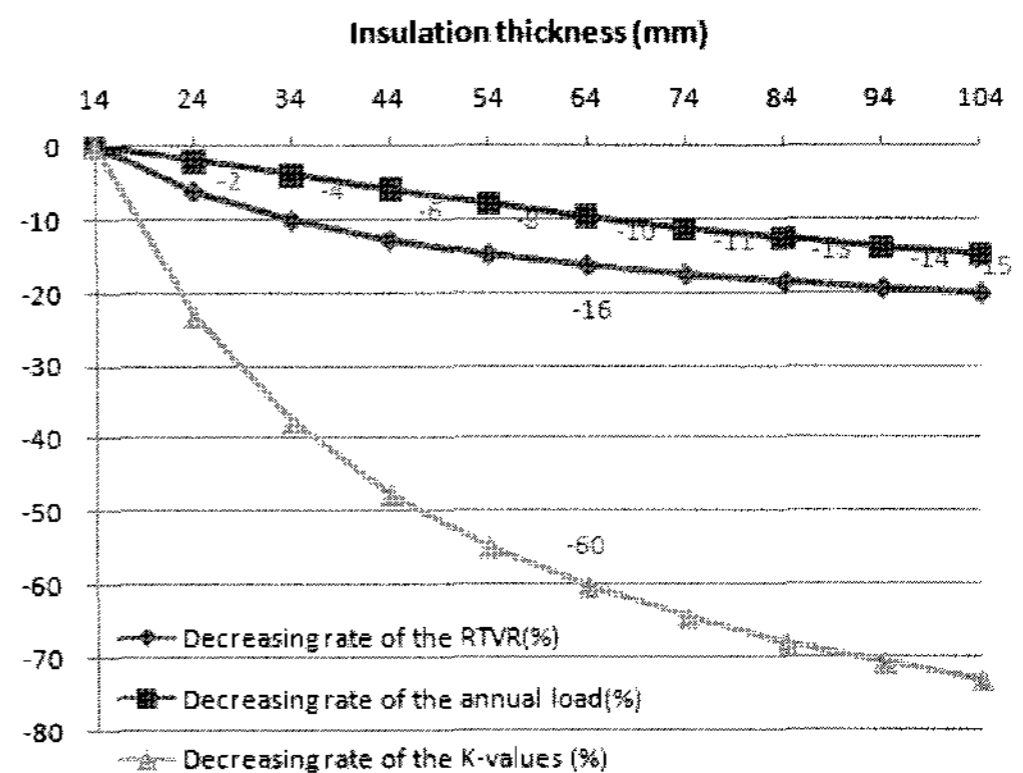


그림 7. 바닥 단열재 두께에 따른 실온변동율과 연간부하 및 열관류율의 감소율

바닥의 단열성능 향상에 따른 연간부하, 열관류율, 및 실온변동율의 민감도 분석 결과는 그림 7과 같다. 단열재 두께에 따른 실온변동율과 연간부하 및 열관류율의 변화경향은 지붕의 경우와 유사했으며, 일정한 값에 수렴하는 감소를 보였다. 따라서 단열재 두께는 부하 절감율이 10%인 64mm가 적절하다고 판단된다. 부위별 단열성능 향상에 따른 연간부하와 실온변동율의 절감율 분석 결과, 건물의 열성능은 지붕과 바닥보다는 벽체의 단열성능에 더 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다. 그러나 지붕과 바닥의 단열성능 향상에 따른 실온변동율과 연간부하 변화패턴은 벽체의 경우보다 강한 상관관계를 보였다.

### 4.3 환기 횟수

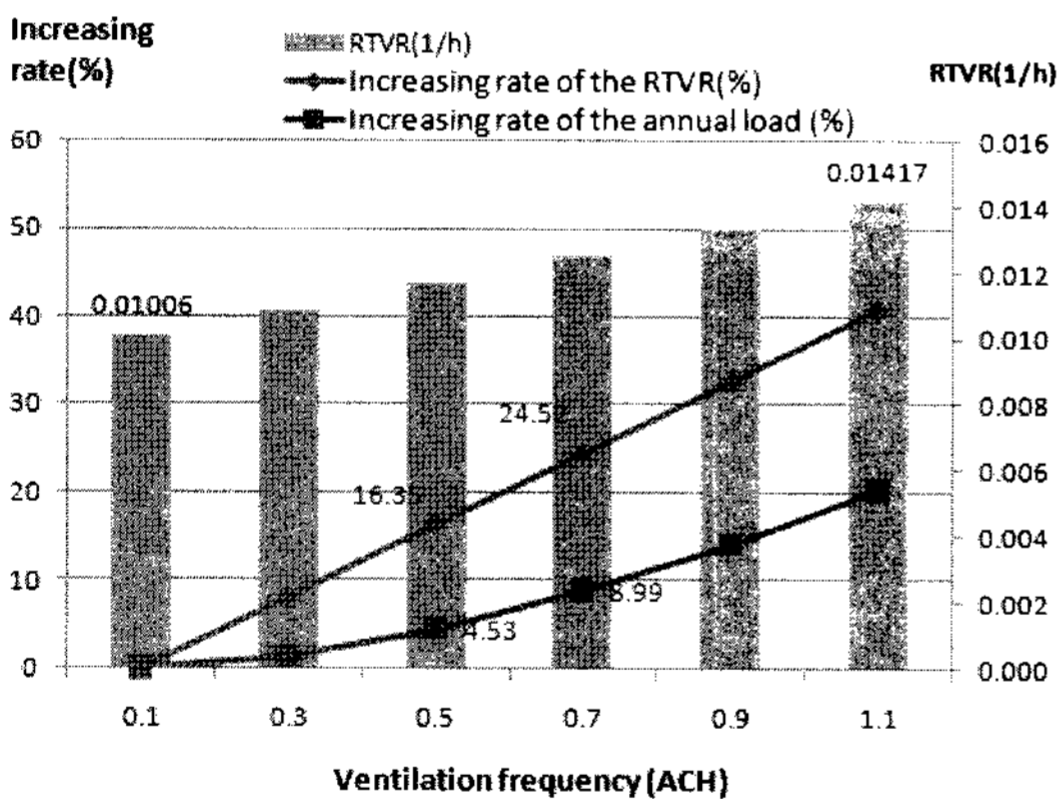


그림 8. 환기 횟수에 따른 실온변동율과 연간부하의 증가율

환기 횟수에 따른 연간부하 및 실온변동율의 민감도 분석은 환기횟수 0.1회/h를 기준으로 하여 0.2회/h씩 증가시켰으며, 그 결과는 그림 8과 같다. 환기 횟수에 따라 실온변동율은 0.01006~0.01416까지 증가하였으며, 연간부하의 경우 환기횟수가 증가할수록 그 값이 상승됨은 물론 증가 폭이 계속 커지고 있다. 이를 통해 환기를 하지 않는 것이 건물에너지 측면에서 바람직한 것으로 사

료되지만, 실내 공기질은 건물의 쾌적 측면에서 중요한 요소이기 때문에 환기를 하지 않고 사는 것은 불가능하다. 따라서 실온변동율과 연간부하를 고려한 환기횟수는 0.5~0.7회/h가 적당한 것으로 분석되었다.

### 5. 결 론

본 연구는 5가지 설계인자의 변화에 따른 실온변동율과 열관류율, 및 부하 패턴을 평가하기 위한 기초 연구로서, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 구조체 단열 성능 향상에 따른 연간부하 감소율 패턴은 열관류율이 아닌 실온변동율의 감소율 패턴과 유사했다. 따라서 실온변동율의 변화율로 건물의 부하 변화율을 어느 정도 예측이 가능할 것으로 사료된다.
- (2) 창문면적과 환기횟수가 증가할수록 기준모델 대비 실온변동율과 연간부하는 증가하였고, 반대로 구조체(벽체, 지붕, 바닥)의 단열재 두께가 증가할수록 실온변동율과 연간부하는 감소하였다.
- (3) 벽체와 지붕은 단열성능의 향상으로 내부발열이 실외로 빠져나오지 못해 동절기에는 난방 성능을 향상시키고, 하절기에는 냉방부하로 작용하였다. 바닥의 경우에는 단열성능이 낮을수록 지중온도에 직접적인 영향을 받기 때문에 냉난방부하 모두 감소하였다.
- (4) 분석모델에서의 채광과 환기를 고려한 최적의 남측창 면적은 남측벽면 대비 30%, 벽체와 지붕, 바닥의 적절한 단열재 두께는 각각 53mm, 67mm, 64mm로 이때의 실온변동율은 0.01966(1/h)였다.
- (5) 분석모델에서 환기횟수가 0.1~1.1회/h로 증가되면 실온변동율은 0.01006~0.01416까지 증가하였고, 실내공기질을 위해서는 0.5~0.7회/h가 적당할 것으로 판단된다.



이상의 고찰결과, 건물 전체의 열성능을 하나로 나타낼 수 있는 실온변동율의 타당성이 입증되었다. 따라서 앞으로 실온변동율을 실제 설계에 반영할 수 있도록 하는 상용 툴의 개발이 요구된다.

### 참 고 문 헌

1. 장용성 외3, 건물의 에너지 효율을 위한 건축적 계획 방법 연구, 대한건축학회논문집 계획계 21권 2호, 2005.2.
2. 서승직, 이진영, 건축환경공학, 일진사, 2002.1
3. 서승직, 건축설비계획, 일진사, 2004.3.
4. 김미현, 서승직, "건물의 실내온도변화성능 연구(1)", 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, pp. 31, 2007.6.
5. 산업자원부, 2007, 건물의 에너지효율 등급 평가기준 및 정책개발에 관한 연구, 산업자원부.
6. Paulo Filipe de Almeida Ferreira Tavares, 2006, Energy efficient building design using sensitivity analysis-A case study, Energy and Buildings, Vol. 39 pp. 23-31.
7. J. Karlsson et al, 2003, Building and climate influence on the balance temperature of buildings, Energy and Environment, Vol. 38. pp. 75-81.
8. Joseph C. Lam et al, 1996, Sensitivity Analysis of Energy Performance of Office Buildings, Energy and Environment, Vol. 31. pp. 27-39.