

단열재 두께 변화와 창호 침기 부하와의 관계

최 정 민[†], 조 성 우
창원대학교 건축공학과

A Study on Relationship Insulation Thickness and Infiltration Load by Window

Jeong-Min Choi[†], Sung-Woo Cho

Engineering of Architecture, Changwon National University, Kyungsangnam-Do 641-773, Korea

(Received November 21, 2011; revision received February 23, 2012)

ABSTRACT: This study investigates on the relationship between total load which is caused by infiltration and insulation thickness against compensation effect. As the result of experiment, the PVC(Synthetic resins sash) window frame in airtightness is superior to the AL(Aluminum sash) window frame. In this study, as the increasing of insulation thickness in reference building does not reduce significantly cooling load, the compensation effect due to airtightness against infiltration is very small. But the compensation effect against infiltration can be closely related with heating load. Therefore, the proper thermal insulation thickness can be needed respect to cooling and heating load.

Key words: Window frame(창틀), Infiltration(침기), Insulation thickness(단열재 두께), Load(부하), Compensation effect(상쇄효과)

기 호 설 명

P : 압력 [Pa]
 V : 유속 [m/s]
 h : 높이 [m]
 g : 중력 [m/s²]

그 리 스 문 자

ρ : 밀도 [kg/m³]

1. 서 론

1.1 연구의 목적

건축물에서의 각 부위별 에너지 손실은, 지붕과

벽체에서 전체 열 손실의 35~55%, 창호에서 11~20%를 차지하며, 틈새에 의해서도 15~25%가 발생하고 있다. 틈새에 의한 열손실이 창호에서의 열손실보다 높게 나타난다는 보고⁽¹⁾가 있다.

기존 중소규모 건축물에서 창호재질의 대부분은 알루미늄 또는 하이새시재질을 채택하고 있으므로, 침기량에 의한 영향이 클 것으로 판단된다.

그러므로 제로 에너지 주택을 지향하는 현 시점에서 창호를 통한 침기는 건축물의 생애 주기 동안 발생하여 지속적으로 열획득 또는 열손실을 발생시키게 됨에 따라, 이를 해결하기 위하여 건축물의 생애 주기와 거의 동일한 생애주기를 가지는 단열재의 활용도 하나의 방안으로 판단된다.

단열재 두께에 따른 냉방부하와의 관계를 발표한 Mehmet⁽³⁾의 연구결과에 따르면 단열재두께 증가는 냉방부하에는 거의 영향을 미치지 않는다고 하고 있고, Steven and Andrew⁽⁴⁾은 침기현상이 난방부하에 미치는 영향은 평균 13%인 것과 비교하여, 냉방

[†] Corresponding author

Tel.: +82-55-213-3801; fax: +82-55-285-1120

E-mail address: jmchoi@changwon.ac.kr

부하에는 평균 3%라고 하며, 특히 냉방부하와의 관계는 외적요인에 따라 증가 또는 감소할 수 있다는 연구결과를 발표하고 있다.

창틀의 경우, 창틀의 재질에 따른 열관류부하가 달라지므로 본 연구에서는 재질에 따른 열관류부하는 무시하고, 알루미늄과 하이새시 창호의 기밀정도에 따라 차이를 나타내는 침기량이 냉방과 난방부하에 어느 정도 영향을 미치는 가를 시뮬레이션을 통하여 알아보고 이를 상쇄시키기 위한 방안으로 건축물의 생애주기와 동일한 패턴을 가진다고 할 수 있는 단열재를 활용하고자 한다.

이를 위하여 본 논문에서는 일반적으로 사용되는 알루미늄과 하이새시 재질에 따른 기밀정도를 파악하고, 중소규모 건축물을 대상으로 동일한 조건(창틀의 재질에 따른 열관류 무시)에서 창틀 재질에 따른 침기현상으로 인하여 발생하는 냉방과 난방부하의 예측 및 이를 상쇄시키기 위한 방안으로 단열재 두께 조절을 통하여 이에 대한 관계를 파악하고자 하는데 목적을 두고 있다.

1.2 연구의 방법

창호의 틈새로 유입되는 실외공기는 하기(夏期)와 동기(冬期)에 관계없이 실내부하를 증가시키게 되므로, 실내 공기온도를 일정하게 유지시키기 위해서는 필요한 열량이 요구된다.

본 연구에서는 알루미늄과 하이새시 재질의 창호를 제작하여 기밀성능에 대한 실험을 통하여 얻어진 값을 Energy Plus에 입력하여 냉방과 난방부하 및 침기부하 예측과 단열재 두께를 변화시키면서 침기부하와의 관계를 알아보하고자 한다.

- 중소규모 건축물의 경우, 창호제작은 시스템 창호보다는 현장 또는 공장 제작이 대부분인 관계로 현장에서 제작된 알루미늄과 하이새시창호에 대한 기밀성 실험을 통한 값을 토대로 침기부하 및 냉난방부하 예측
- 동일 건축물에 대하여 2종류의 창호에 대한 부하를 검토하고, 이를 Energy Plus를 이용하여 적절한 단열재 두께에 대한 시뮬레이션 수행
- 실내외의 압력차 10 Pa 이하에 대한 침기부하와 단열재 두께와의 상관관계 도출

위와 같은 연구방법을 통하여 본 논문에서는 Energy Plus를 활용하여 기밀성능과 단열재와의 관계를 파악하고자 하고자 한다.

2. 창호의 기밀성 실험 및 결과

창호에 대한 틈새바람의 정도를 파악하기 위하여 하이새시(Synthetic resins : 이하 PVC로 칭함)와 알루미늄 재질(Aluminum sash : 이하 AL로 칭함)로 나누었고, 2중창으로 하여 창호 및 창틀을 창호 제작업체에 의뢰하였다. PVC와 AL 새시에 대한 실내외의 압력 차이에 따른 기밀성능은 한국생활환경 시험연구원에 의뢰하였고, 이에 대한 실험결과는 Table 1에 나타내었다.

실험방법은 KS F 2292에 의거하여 실험을 실시하였으며, 실험실 온도조건은 21℃, 상대습도는 52%로 하였다. 시험체의 크기는 1,200×1,000[mm]이며, 실내외의 압력차에 따른 기밀성능을 파악하기 위하여 10 Pa, 30 Pa, 50 Pa 및 100 Pa에 대하여 각각 실험을 실시하였으며, Fig. 1, Fig. 2와 같다.

실내외 압력 조건으로 시험을 실시하였으므로, 이를 유속으로 표현하기 위해서는 베르누이 정리에 의하여 계산되어질 수 있으며, 식(1)과 같다.

$$P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + \rho gh_1 = P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho gh_2 \quad (1)$$

Table 1 Infiltration rate on each sash

Pressure [Pa]	Velocity [m/s]	Infiltration rate[m³/hm²]	
		Synthetic resins sash	Aluminum sash
10	4.07	21.04	34.51
30	7.07	46.59	73.54
50	9.13	64.45	100.04
100	12.91	99.03	155.49



Fig. 1 Test body of Synthetic resins sash.



Fig. 2 Test body of Aluminum sash.

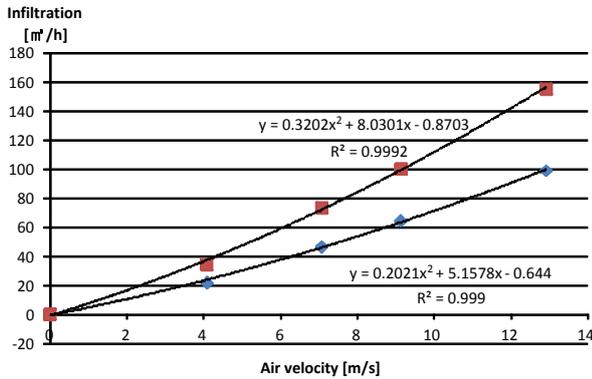


Fig. 3 Relationship between infiltration rate and velocity on sash materials.

식(1)에서 h_1, h_2 는 동일 높이, 최초유속(V_1)을 “0”으로 두면, 식(2)에서 유속을 구할 수 있다.

$$V = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}} \quad (2)$$

$$Q_{SY} = 0.0258x^3 + 0.825x^2 + 5.6862x - 0.0964 \quad (3)$$

$$Q_{AL} = 0.2021x^2 + 5.1578x - 0.644 \quad (4)$$

본 논문에서는 PVC와 AL 창호에 대한 실험을 토대로 침기량과 유속과의 관계에 대한 추정식을 구하였으며, 이에 대한 결과는 Fig. 3과 같고, 식(3)과 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

일반적으로 중소규모의 저층건축물에서의 실내와 압력 차이는 10 Pa 이상 차이를 보이는 경우의 빈도수가 낮으므로 본 연구에서는 최대 10 Pa을 기준으로 하여, 이에 대한 침기량을 시뮬레이션의 입력값으로 결정하여 수행하였다.

3. Energy Plus 모델개요

대상모델은 2층 주택으로 하였고, 모델개요는 Table 2와 같고, 투시도는 Fig. 4와 같다.

대상모델에서 벽체와 바닥 및 지붕에 대한 U값 [W/m^2K]은 각각 0.45, 0.178, 0.16으로, 이는 남부지방의 에너지 성능지표를 근거로 하였다.

냉방과 난방개시는 18°C와 26°C를 설정온도로 취하였고, 필요환기회수는 0.7회/h로 하였다.

4. Energy Plus를 통한 냉난방부하예측

대상건축물에 대한 입력데이터는 Table 3과 같으

Table 2 Outline of reference building

Floor area[m^2] /Volume[m^3]	1F	65.97/184.7
	2F	58.63/164.2
	Area[m^2]	U value[W/m^2K]
Wall	1F	82.67 0.45
	2F	57.24 0.45
Floor	65.97	0.178
Ceiling	58.63	2.929
Roof	63.58	0.16
Window	1F	18.96 1.945
	2F	29.42 1.945

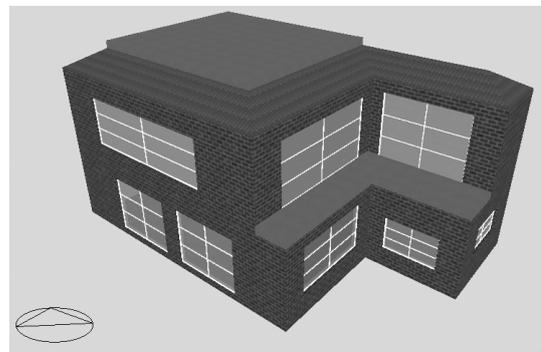


Fig. 4 Reference building view.

Table 3 Input data for Energy Plus simulation

Occupancy/Metabolic	0.03[person/ m^2]/0.9
Light	3.4 W/m^2 -100 lux
Heating set point	18°C
Cooling set point	26°C
Minimum fresh air	10 ℓ/s person

며, 재실인원은 4인, 조명은 300 lux로 설정하였다. Energy Plus의 창호에 대한 입력데이터는 틈새 길이에 대한 값이므로 대상건축물의 1층과 2층의 면적을 합하여 정사각형으로 가정하여 틈새 길이에 대한 값¹⁾으로 하였으며, AL과 PVC 새시 각각 0.00045 kg/ms와 0.00029 kg/ms로 하였다.

4.1 냉방부하

냉방부하에 대한 결과는 Fig. 5와 같고, 전체적으로 AL 재질에서 기기냉방부하(현열+잠열부하)는 크

1) 대상지역에서 빈도수가 높은 구간의 평균풍속을 4.1 m/s로 하여 식(3)과 식(4)에 대입하여 구한 침기량을 토대로 계산.

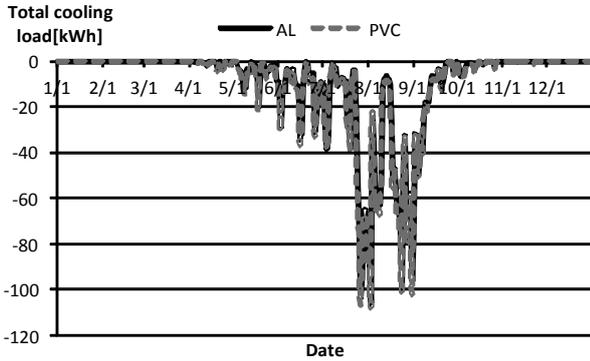


Fig. 5 Total cooling load.

게 나타난 것을 알 수 있다.

냉방피크부하는 8월에 나타났으며, AL인 경우 106.3 kWh, PVC인 경우에는 107.9 kWh로 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 연간냉방부하를 살펴보면 AL인 경우 3,571.6 kWh이며, PVC의 경우 3,781.4 kWh로 연간냉방부하에서는 PVC가 5.5% 정도 높은 것으로 나타났다. 이는 외기조건과 실내발생열 부하에 따른 영향으로, 창틀에 따른 침기부하는 냉방 부하에는 많은 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

잠열부하는 AL인 경우 569.1 kWh, PVC인 경우 507.6 kWh로 침기부하가 많은 AL 창호에서 PVC 창호보다 12.1% 높으므로, 침기량의 증가는 잠열부하에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

냉방부하는 PVC가 다소 높게 나타났으나, 침기에 의한 잠열부하는 PVC가 낮게 나타났으며, 이는 기밀성이 높은 재질의 경우 침기에 의한 잠열부하에서는 유리하다고 할 수 있다.

4.2 난방부하

난방부하에 대한 결과는 Fig. 6 과 같고, 전체적으로 창호재질이 AL에서 기기난방부하는 아주 크게 나타난 것을 볼 수 있다. 난방피크부하는 1월에 나타났으며, 재질이 AL인 경우 40.8 kWh이며, PVC인 경우에는 34.6 kWh이며, AL과 비교하여 15.2% 정도 작게 나타난 것을 알 수 있다.

연간난방부하는 AL 재질인 경우 2,352.6 kWh이며, PVC 재질의 경우 1,634.6 kWh로 연간난방부하는 30.5% 정도 줄어든 것으로 나타났다.

창틀 재질이 AL인 경우, 냉방과 난방을 합한 전 부하는 5,924.2 kWh인 것과 비교하여 PVC에서는 5,415.98 kWh로 8.6% 정도 줄어든 것으로 나타났다.

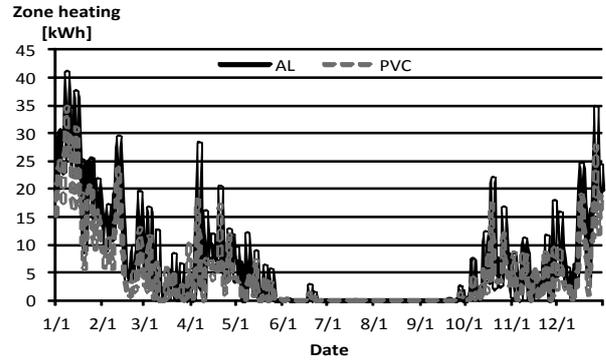


Fig. 6 Zone heating load.

냉방부하에서 AL 재질의 경우가 PVC보다 299.75 kWh가 줄어들었으나, 전체 부하에 미치는 영향은 냉방부하가 5%, 난방부하가 12.1%이므로 전체 부하를 고려할 필요가 있다고 판단된다.

이에 따라 단열재 두께 변화에 대한 냉방과 난방 부하를 합한 전체 부하변동은 AL 재질을 대상으로 이에 대한 관계를 파악하고자 한다.

5. 침기부하와 관류부하와의 관계

침기부하와 외벽의 단열재 두께와의 관계를 파악하기 위하여 기준모델 단열재의 두께 +3, 10, 20 mm 까지 증가시키면서, 대상건축물에 대한 부하를 예측하였다. 단열재의 열관류값(U값)을 계산하기 위하여 이용된 내표면과 외표면의 열전달저항은 각각 0.13와 0.04 m²K/W로 하였다.

5.1 단열재 변화에 따른 벽체 U값

대상 건축물에서 단열재 두께 변화의 대상은 외벽을 선정하였고, 단열재 두께 변화에 따른 U값은 Table 4와 같다.

기준모델 St-0의 R값은 2.301 m²K/W이나, 두께가 20 mm 증가된 경우 R값은 2.81 m²K/W로 22.1% 증가되는 것으로 나타났다.

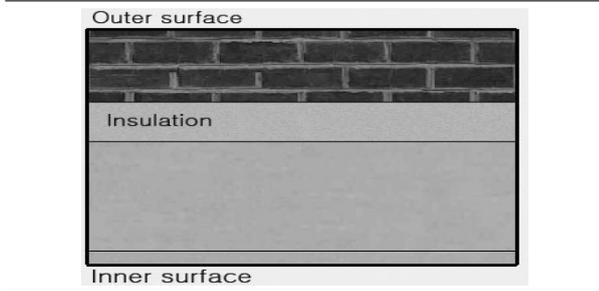
5.2 단열재 변화에 냉방과 난방부하

대상건축물의 연간냉방과 난방부하 및 전체부하는 Fig. 7과 같다. AL 재질과 PVC 재질을 가진 창틀에서 냉방과 난방부하를 합한 전부하를 살펴보면, AL재질의 경우는 5,924.2 kWh이고, PVC 재질의 경우는 5,415.98 kWh로 나타났으며, AL 재질이

Table 4 U-value by insulation thickness

	thickness [mm]	R-value [m^2K/W]	U-value [W/m^2K]
St-0	54.6	2.301	0.450
St-3	57.6	2.310	0.433
St-10	64.6	2.516	0.398
St-25	79.6	2.81	0.356

Outer wall composition



8.6% 높게 나타난 것을 볼 수 있다.

침기량과의 관계를 파악하기 위한 기본모델로서 창틀의 재질이 AL인 경우가 PVC의 경우보다 전체 부하에서 큰 값으로 나타났으므로, 본 연구에서는 기존 건축물에서 창틀 재질로 사용되고 있는 AL 재질을 기본 모델로 하여 단열재 두께 변화에 따른 냉방과 난방 부하를 비교하였다.

침기부하 상쇄를 위한 단열재의 두께 변화에 따른 냉방부하는 Fig. 8과 같이 나타났다.

침기현상으로 발생한 냉방부하를 줄이기 위하여 단열재 두께를 증가시킨 결과, 단열재 두께 증가에 따라 냉방부하에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

단열재의 두께가 증가됨에 따라 실외 조건 및 실내 발생열 부하가 실외로 이동하는데 시간이 지연됨에 따라 기본모델인 St-0와 비교하여 St-10인 경우 냉방부하는 0.19% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 St-3인 경우에는 그 증가폭이 0.041% 매우 작다는 것을 알 수 있다.

그러므로 침기현상에 의한 냉방부하의 증가를 상쇄시키기 위해서는 단열재의 증가로는 그다지 큰 효과를 기대할 수 없는 것으로 나타났다.

침기부하 상쇄를 위한 단열재의 두께 변화에 따른 난방부하는 Fig. 9와 같이 나타났다.

침기현상으로 인한 난방부하를 줄이기 위하여 단열재 두께를 변화시킨 결과, 냉방부하와는 달리 단열재의 두께가 증가하면서 난방부하의 감소폭은 크게 변화하는 것으로 나타났다.

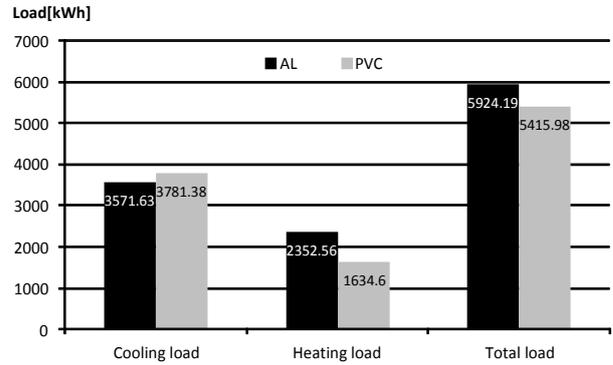


Fig. 7 Heating and cooling load.

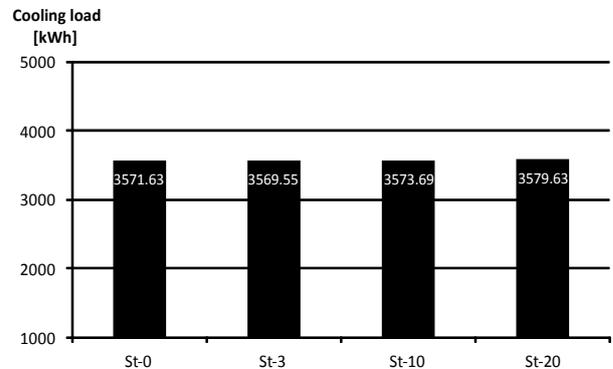


Fig. 8 Cooling load by insulation thickness.

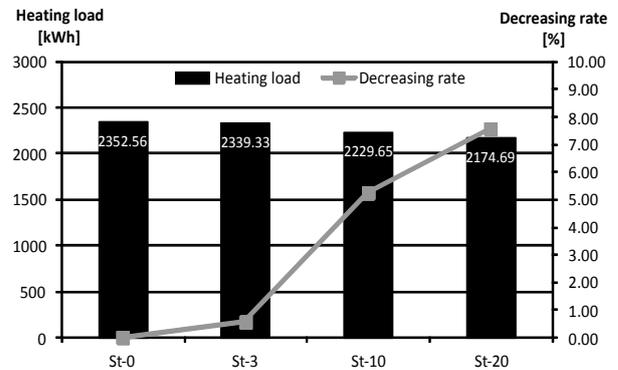


Fig. 9 Heating load by insulation thickness.

단열재 두께가 기본모델 +3 mm인 St-3에서 난방부하의 감소율은 0.56%이나, St-10에서는 감소폭이 5.22%로 크게 높아진 것을 알 수 있다. 그러나 St-20 경우 난방부하의 감소폭을 결정하는 기온기가 St-10보다 작은 것으로 보이고 있다.

단열재 증가에 따른 침기부하의 상쇄효과는 냉방부하보다는 난방부하에서 유리한 것으로 나타났으므로, 단열재 증가에 따른 상쇄효과는 전체부하를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

단열재 두께 변화에 따른 열관류율값과 전부하에

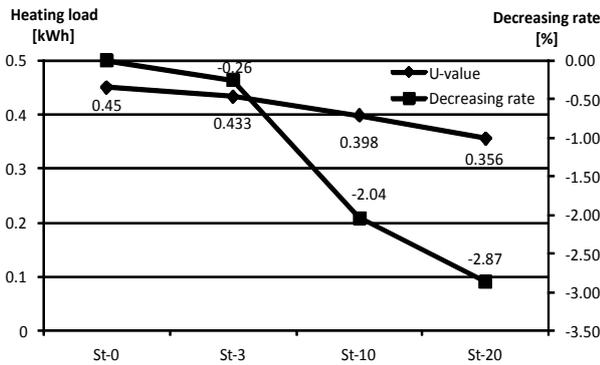


Fig. 10 Relationship between U-value and total load decreasing rate.

대한 감소폭과의 관계는 Fig. 10과 같다.

전체부하 감소폭은 기본모델(St-3)의 단열재두께 +10 mm한 St-10의 경우, 부하 감소량은 -2.04%로 급격한 감소폭을 가지는 반면, St-3에서는 감소폭이 매우 작은 것으로 나타났다.

실질적으로 연간 감소되는 부하를 살펴보면, 기본 모델(St-0)과 비교하여 단열재 두께 증가에 대한 침기부하로 인하여 상쇄되는 전체 부하는 St-3이 15.31 kWh이나, St-10에서는 120.9 kWh로 상쇄되는 부하가 큰 폭으로 감소되었다.

6. 결 론

외기에 접하는 외벽의 단열재 두께 증가와 창호 틈새바람에 의하여 야기되는 부하와의 관계에 대한 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

(1) 창호의 재질이 PVC인 경우가 AL인 경우보다 기밀성이 우수한 것으로 나타났다. 또한, 유속의 증가에 따라 침기량의 변화량은 매우 크게 변화한다는 것을 알 수 있다.

(2) 침기부하에 의하여 발생하는 냉방과 난방부하를 고려해 볼 때, 상쇄효과는 냉방부하보다 난방부하에서 크게 나타난 것을 알 수 있다.

(3) 냉방부하의 경우, 단열재의 두께 증가에 따른 시간지연으로 상쇄효과가 거의 보이지 않으나, 침기량의 증가에 따른 잠열부하는 냉방부하에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

(4) 난방의 경우에는 부하 감소의 변동폭이 크게

나타났다. 그러므로 전 부하를 고려한 적절한 단열재 두께의 고려가 필요할 것으로 판단된다.

(5) 침기량이 많은 창틀 재질의 경우, 냉방과 난방부하를 종합적으로 고려하여 단열재의 적정두께를 계산하여야 할 것으로 사료되며, 본 논문에서는 기본모델에서 18% 정도 단열재 두께가 증가된 경우에 상쇄효과가 큰 것으로 나타났다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2010-0002442).

참고문헌

1. Ministry of Construction and Transportation, 2008, Notification No. 2008-5 of Ministry of Construction and Transportation.
2. Wilbert, F. S. and Jerold, W. J., 1982, Refrigeration and Air conditioning, McGraw Hill, pp. 67-70.
3. Mehmet, A. A., Orhan, B., and Tuncay, Y., 2010, A case study for influence of building thermal insulation on cooling load and air-conditioning system in the hot and humid regions, Applied Energy, Vol. 87, pp. 599-607.
4. Steven, J. E. and Andrew, K. P., 1998, Energy impacts of infiltration and ventilation in U. S. office buildings using multizone airflow simulation, IAQ and Energy, pp. 191-196.
5. Francis, A., 1998, Natural ventilation in buildings-A design handbook, James and James, pp. 96-101.
6. Inoue-Uichi, 1991, Air-conditioning Hand Book, Maruzen. Ltd, pp. 69-74.
7. Awbi, H. B., 1991, Ventilation of buildings, E&FN SPON, pp. 60-67.
8. <http://standard.ats.go.kr/>.
9. <http://www.okhanssem.co.kr/kis/bs/>.