

창호 및 단열재 변수에 따른 공동주택 에너지효율등급 평가 사례

김 한 수^{*†}, 윤 해 동^{*}, 변 운 섭^{**}

^{*}(주)우원엠앤이 부설연구소, ^{**}(주)우원엠앤이

A Study on the Evaluation of Apartment Building Energy Efficiency Rating Considering the Performance of Thermal Insulators and Window glasses

Han-Soo Kim^{*†}, Hae-Dong Yun^{**}, Woon-Seob Byun^{***}

ABSTRACT: Energy shortage and environmental pollution caused by fossil fuels are very serious problem. Especially buildings have consumed more and more energy, and buildings are spend up to 25% of total energy consumption. So we should prepare alternatives to save energy in buildings. In apartment houses, The efficiency of thermal insulators and window glasses is very important to curtail heating energy. In this study, the energy rating of Apartment building is evaluated by applying various thermal insulators and window glasses.

Key words: Building Energy Rating System(건물에너지효율등급인증제도), Thermal insulator (단열재), Window glasses(창호), Apartment house(공동주택)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 에너지 부족과 이산화탄소 배출에 의한 환경오염문제는 전 세계가 직면하고 있는 최대 이슈라고 할 수 있다. 특히 우리나라의 경우 에너지 소비량의 약 97%를 수입에 의존하고 있고, 총 에너지 소비량의 약 25%가 건물부문이 차지하고 있는 현실을 감안할 때, 건축물의 에너지 절약 문제에 더욱 관심을 가져야 할 것으로 사료된다.

건축물에서의 에너지 절약을 위한 방법은 크게 두 가지로 나눌 수가 있는데, 건축적인 수법에 의해 건축물에서의 에너지 요구량을 감소시키는 1차적인 방법과 설비에 의한 실내 환경 조절시스

템의 효율을 높이는 2차적인 방법이 있다.

설비에 의존하게 되는 2차적인 방법은 에너지를 소모함과 동시에 환경오염의 문제를 발생시키게 되므로 건축물의 에너지 요구를 감소시키는 1차적인 방법이 우선적으로 모색되어야 할 것이다.

우리나라에서는 건축부문에 있어서 미래에 지속적으로 증가하게 될 에너지 수요에 대한 대응과 화석연료 사용에 따르는 온실가스 배출량 감소를 위한 방안으로 건물에너지효율등급인증제도를 2001년부터 시행하고 있는데, 이는 에너지 수요를 효율적으로 평가, 관리하고 사업초기부터 건물의 에너지 절약효과를 예측함과 동시에 궁극적으로는 건축물에서 소비하는 에너지를 절감하고자 하는 목적이 있다.

본 연구에서는 건축물의 난방 에너지 요구량을 감소시키는 방법적인 면에서 건물의 외피성능 향상에 초점을 맞추어 적용될 변수를 설정하고 이를 실제 계획되어진 공동주택에 적용했을 시 나타나게 될 에너지 절감 효과와 건물에너지 효율

† Corresponding author

Tel.: +82-2-860-9454; fax: +82-2-860-9788

E-mail address: zeeangel@300302.com

등급인증제도상의 등급변화 및 에너지 소요량 변화의 관계를 분석하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 내용

본 연구에서는 실제 계획되어진 공동주택단지를 선정하여 단열재 및 창호의 종류에 따른 건물 에너지효율등급 및 에너지 소요량의 변화를 분석하고자 한다.

본 연구는 다음과 같이 진행하였다.

- (1) 현재 건물에너지효율등급인증제도를 고찰하고 평가기준을 분석한다.
- (2) 실제 계획되어진 공동주택의 사례를 선정한다.
- (3) 평가대상으로 선정된 공동주택을 대상으로 단열재 및 창호의 특성에 따른 에너지 절감율 및 소요량을 평가·분석한다.

2. 건물에너지효율등급에 관한 고찰

2.1 건물에너지효율등급인증제도 개요

이 제도는 세계기후변화협약에 대응하기 위해 건축물 부문에서 구체적 실천방안 및 대책방안으로 만들어졌다. 건물에너지효율등급인증제도의 도입으로 인해 기존건물의 에너지성능기준이 설정되어 등급화 되고 신축건물에는 에너지절감 목표치가 정해지므로 설계자나 건축주에게 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 지침으로 활용 가능하게 되었으며 각종 건물에너지절약을 위한 평가 자료로 활용할 수 있다.

우수등급 부여건물은 세제 및 금융상의 우대조치와 에너지절약 투자에 대한 감면조치, 기존건물의 에너지절약 개보수 자금의 융자, 설비나 공법의 도입 및 시설자금에 대한 융자, 세금감면의 지원책이 마련되어 있다.

2.2 건물에너지효율등급 평가기준

건물에너지효율등급인증제도 평가등급은 3등급으로 나뉘어져 있으며 신청주택의 난방에너지 절감율에 따라 해당 등급을 부여받을 수 있다.

등급별 에너지절감율은 Table 1과 같다.

Table 1 Building energy saving and energy efficiency rating

rating	Energy saving
1	33.5% and more
2	23.5 ~ 33.5%
3	13.5 ~ 23.5%

공동주택의 에너지성능평가는 2-zone해석 모델에 의한 가변난방도일법과 기타해석모델을 이용하여 공동주택의 난방공간과 비난방공간을 해석할 수 있도록 하였고 구성항목은 난방공간과 비난방공간의 건물치수, 환기율, 외피 열손실, 태양열취득, 실내열취득, 보일러의 효율 및 시스템의 손실 등으로 구성되어 있다.

신청주택의 에너지효율은 에너지효율평가기준에 따라 평가하며 신청주택의 단위세대 에너지 절감율의 경우, 표준주택의 단위세대 난방에너지소요량에서 신청주택의 단위세대 난방에너지소요량을 제하고, 이를 표준주택 단위세대 난방에너지소요량으로 나눈 백분율에 신청주택의 단위세대 가산항목에 해당하는 절감율을 더하여 산출한다. 단위세대와 단위공동주택, 총 에너지절감율은 아래와 같은 과정에 의해 산출된다.

$$\begin{aligned}
 & \text{단위세대의 에너지절감율(\%)} \\
 &= \frac{\text{표준주택의 단위세대 난방에너지} - \text{신청주택의 단위세대 난방에너지}}{\text{표준주택의 단위세대 난방에너지 소요량}} \times 100 \\
 & \quad + \text{단위공동주택의 가산항목에 해당하는 절감율} \\
 & \quad \downarrow \\
 & \text{단위공동주택의 에너지절감율(\%)} \\
 &= \frac{\sum(\text{단위세대의 에너지절감율} \times \text{단위세대의 전용면적})}{\text{단위공동주택의 총전용면적}} \\
 & \quad + \text{단위공동주택의 가산항목에 해당하는 절감율} \\
 & \quad \downarrow \\
 & \text{총 에너지절감율(\%)} \\
 &= \frac{\sum(\text{단위공동주택의 에너지절감율} \times \text{단위공동주택의 총전용면적})}{\text{신청주택의 총전용면적}} \\
 & \quad \downarrow \\
 & \text{신청주택의 총 에너지 절감율에 해당하는 인증등급 부여}
 \end{aligned}$$

표준주택은 신청주택의 에너지효율등급을 평가하기 위해 기준이 되는 주택으로서, 현재 많이 설계되고 있는 일반적인 건물의 수준을 말한다. 표준주택의 설정기준은 Table 2와 같다.

Table 2 Outline of standard unit

	Heating zone	Unheating zone
Floor Area(m ²)	Same to application unit	Same to application unit
Width and length	Same to application unit	Same to application unit
Coefficient of overall heat transmission of wall, roof, slab	application to amendment of building law	4.0 [W/m ² K]
Coefficient of overall heat transmission of windows	3.3 [W/m ² K]	6.60 [W/m ² K]
Coefficient of overall heat transmission of entrance door	2.60 [W/m ² K]	
Air exchange rate	0.7 [times/hr]	2.0 [times/hr]

표준주택 난방공간의 창면적은 [신청주택 창면적 + (신청주택 전용면적×0.25-3)]/2의 식으로 구하고 계단실 등의 비난방 공간의 창면적은 신청주택과 동일하게 적용한다. 창면적은 기준층 층고의 1/2높이를 중심으로 상하로 위치하는 것으로 하고, 전면차양과 후면차양은 각각 세대전면과 후면의 수평길이에 1.5m 돌출된 차양으로 설정한다. 그리고 차양의 위치는 세대 전면 및 후면의 층고 높이에 위치하는 것으로 한다.

3. 사례 선정

평가대상은 경기도(중부지방)의 A공동주택 단지를 선정하였다. 총 6개동으로 이루어져 있으며, 단위세대 전용면적은 84m², 평면 형태는 5개 타입으로 구성되어 있다. 평가대상 공동주택의 대표적인 평면구성과 입면의 형태는 각각 Fig. 1, Fig. 2, 그리고 단지개요 및 대상 건물의 외피, 바닥 및 창호의 물성치는 Table 3, Table 4에 나타내었다. 본 건물은 비드법보온판 2호의 단열재와 일반복층유리(공기층 6mm)가 적용된 사례이다.



Fig. 1 Unit plan



Fig. 2 Elevation

Table 3 Summary of the model

Location	Gyeonggi
Structure	RC(Reinforced concrete)
Floor	19 ~ 20
Number of units	411
Area of a unit	84m ²
Ceiling Height	2.3m
Heating system	Individual

Table 4 Coefficient of overall heat transmission of each part of the model

	(W/m ² · K)
Outer wall	0.42
Side wall	0.31
Roof(highest floor)	0.26
Slab(lowest floor)	0.38
Windows	3.3

4. 비교분석 변수 및 평가 모델, 평가방법 설정

에너지 관리공단에서는 공동주택의 난방에너지 절약을 위해서 건물의 남향배치, 창호의 크기조절, 고단열·고기밀 창호의 채택, 최하층과 최상층의 단열강화 등 여러 가지 기법을 제시하고 있다. 본 연구에서는 실제 계획되어진 사례에 적용 가능한 요소로서 외벽의 단열재와 창호의 성능이 난방에너지 절감에 가장 큰 영향을 미칠 것이라 판단하고 적용 변수를 단열재와 창호로 한정하였다.

4.1 단열재

현재 우리나라 공동주택의 외벽에 널리 쓰이는 유기질 단열재를 한국공업규격에서 비드법과 압출법으로 나누고 있다. 비드법보온판은 구슬모양 원료를 미리 가열하여 1차 발포시키고 이것을 적당한 시간 숙성 시킨 후 판모양 금형에 채우고 다시 가열하여 2차 발포에 의해 용착, 성형하여 제품을 만드는 것이고, 압출법보온판은 원료를 가열, 용융하고 연속적으로 압출, 발포시켜 제품을 만드는 것으로서 그 열전도율은 Table 5와 같다. 본 연구에서는 공동주택의 외벽에 현재 널리 시공되고 있는 비드법보온판 2호 그 이상의 성능을 적용하는 것으로 하였고, 대상모델에 적용할 변수로써 비드법보온판 2호, 1호, 압출법보온판 3호, 2호, 1호, 특호를 선정하였다.

4.2 창호

공동주택의 창호시스템을 통한 열손실은 건물 전체 손실열량의 20~40%를 차지할 만큼 대표적인 열적 취약 부위이므로, 창호시스템에서의 단열성능 향상은 매우 중요한 과제라고 할 수 있다.

본 연구에서는 공동주택에 있어 창호의 열성능에 따른 에너지 효율 평가를 실시하기 위해서 PVC 프레임 채택하에 유리종류를 변수로 두고 투명유리로 구성된 2중복층유리(공기층 6mm, 12mm)와 로이 복층유리(공기층 6mm), 3중유리, 그리고 로이복층유리(공기층 12mm)만을 검토대상으로 선택하였다. Table 6에서 복층유리와 로이 복층유리의 열관류율을 나타내었다.

Table 5 Thermal conductivity of insulating material

	No.	Thermal conductivity (W/mK)
beaded panel	2	less than 0.037
	1	less than 0.036
Extruded panel	3	less than 0.031
	2	less than 0.029
	1	less than 0.028
	Special	less than 0.027

Table 6 Coefficient of overall heat transmission of glasses

Glass	Air space	(W/m ² · K)
Double glazing window	6mm	3.3
Double glazing window	12mm	3.0
Low-e Double glazing window	6mm	2.9
Triple glazing window	6mm	2.6
Low-e Double glazing window	12mm	2.4

4.3 평가모델

단열재 및 창호의 효과적인 성능 비교를 위해 변수를 적용할 모델을 다음과 같이 설정하였다.

- (1) 모델의 배치 향과 평면의 형태, 그리고 창호의 면적, 차양의 크기 등은 실제 공동주택에 근거를 두었다.
- (2) 벽체, 지붕, 바닥 및 창호의 열관류율은 Table 2의 표준주택 기준값으로 설정하였다.
- (3) 설정된 모델은 표준주택과의 배치 향(동향) 및 기타 설정항목에서의 차이 때문에 표준주택대비 약 5.4%의 에너지 절감율을 가진다.

4.4 평가방법

단열재와 창호의 성능에 따른 공동주택의 에너지 절감율의 평가방법은 다음과 같다.

- (1) 단열재 인자 : 대상모델의 모든 변수를 동일화 하고, 단열재의 변수만을 고려하여 에너지 절감효과를 분석한다.
- (2) 창호 인자 : 대상모델의 모든 변수를 동일화 하고, 창호의 변수만을 고려하여 에너지 절감효과를 분석한다.
- (3) 실제 모델에서 단열재와 창호의 종류를 복합적으로 이용할 경우 나타나는 에너지 절감효과를 분석한다.

5. 변수를 통한 대상 건물에너지 효율등급 및 에너지 소요량 평가

5.1 단열재 종류에 따른 에너지 절감효과

표준주택 연간 난방에너지 소요량과, 앞서 설정한 모델에 단열재를 종류별로 적용했을 때의 연간 난방에너지 소요량을 Fig. 3과 같이 나타내었다.

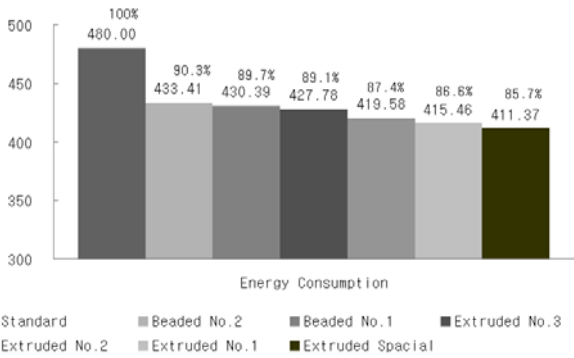


Fig. 3 Energy consumption[MJ/m² · year] due to usage of thermal insulators

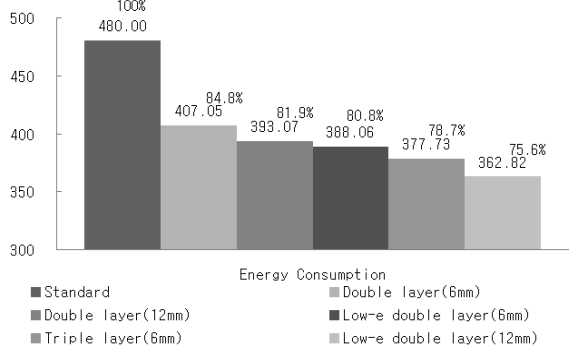


Fig. 4 Energy consumption[MJ/m² · year] due to usage of window type

표준주택 대비 약 9.7~14.3%, 46.6~68.6 [MJ/m² · year]까지 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

5.2 창호 종류에 따른 에너지 절감효과

창호를 종류별로 적용했을 때의 연간 난방에너지 소요량을 Fig. 4와 같이 나타내었다. 표준주택 대비 약 15.2~24.4%, 72.9~117.2 [MJ/m² · year]까지 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

5.3 단열재 및 창호종류의 복합이용에 따른 에너지 절감율 및 등급

실제 사례에 있어 단열재 및 창호의 복합 이용에 따른 에너지 절감효과와 그 등급을 평가하기 위해 6종류의 단열재와 5종류의 창호로 30가지 변수별 모델을 설정하여 에너지 절감율과 그에 해당하는 등급을 평가해 보았다. 그 결과는 Table 7과 같다.

비드법보온판 2호와 1호, 압출법보온판 3호에 복

Table 7 Building energy efficiency rating

Thermal insulator	Glass	Air space	Energy Saving(%)	Grade
Beaded panel No.2	Double-layer	6mm	21.2	3
	Double-layer	12mm	24.1	2
	Low-e Double-layer	6mm	25.1	2
	triple-layer	6mm	28.2	2
	Low-e Double-layer	12mm	30.3	2
Beaded panel No.1	Double-layer	6mm	21.8	3
	Double-layer	12mm	24.6	2
	Low-e Double-layer	6mm	25.7	2
	triple-layer	6mm	28.7	2
Extruded panel No.3	Low-e Double-layer	12mm	30.9	2
	Double-layer	6mm	22.3	3
	Double-layer	12mm	25.2	2
	Low-e Double-layer	6mm	26.2	2
Extruded panel No.2	triple-layer	6mm	29.3	2
	Low-e Double-layer	12mm	31.4	2
	Double-layer	6mm	23.9	2
	Double-layer	12mm	26.8	2
Extruded panel No.1	Low-e Double-layer	6mm	27.8	2
	triple-layer	6mm	30.9	2
	Low-e Double-layer	12mm	33.0	2
	Double-layer	6mm	24.7	2
Extruded panel special	Double-layer	12mm	27.7	2
	Low-e Double-layer	6mm	28.5	2
	triple-layer	6mm	31.7	2
	Low-e Double-layer	12mm	33.8	1
Extruded panel special	Double-layer	6mm	25.6	2
	Double-layer	12mm	28.5	2
	Low-e Double-layer	6mm	29.5	2
	triple-layer	6mm	32.5	2
Extruded panel special	Low-e Double-layer	12mm	34.6	1

층유리(공기층 6 mm)를 적용한 3개의 모델을 제외한 모든 모델이 표준주택 대비 에너지 절감율 23.5% 이상으로 2등급 이상을 받을 수 있는 결과가 나타났고, 압출법보온판 1호와 압출법보온판 특호에 공기층 12 mm인 Low-e복층유리를 채택한 두 모델은 모두 1등급을 받을 수 있는 것으로 나타났으며, 각각의 에너지 절감율은 33.8%, 34.6%이다.

5.4 단열재 및 창호종류에 따른 에너지 소요량

단열재와 창호종류에 따른 면적당 난방에너지 소요량을 분석한 결과 단열재의 경우, 기존의 비드법보온판 2호 단열재를 사용한 기존의 모델 대비, 약 3~21 [MJ/m² · 년]을 절감할 수 있는 것으로 나타났고, 창호의 경우, 기존의 복층유리(공기층 6mm) 창호를 사용한 기존의 모델 대비, 약 14 (MJ/m² · 년)~44 [MJ/m² · 년]을 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

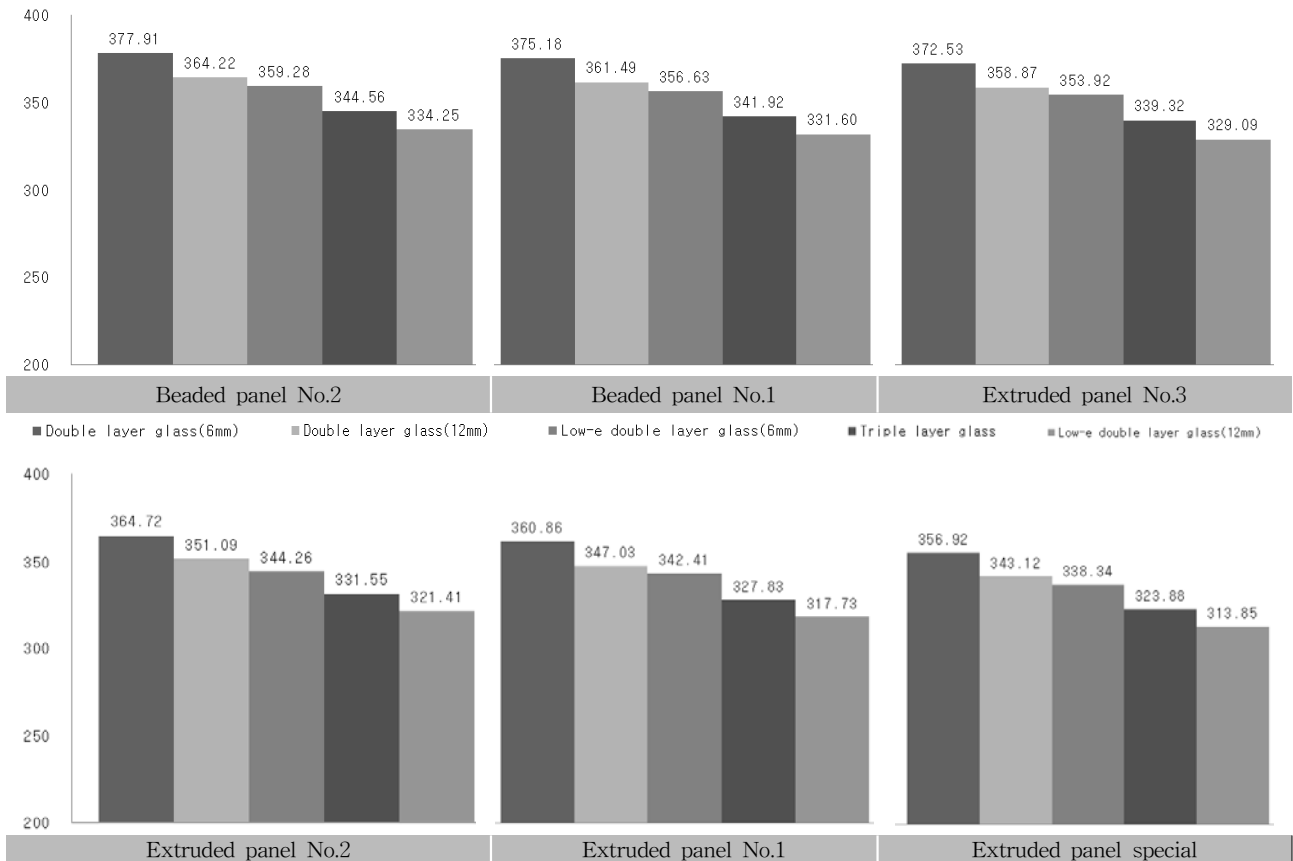


Fig. 5 Heating energy consumption[MJ/m² · year]

단열재 및 창호종류에 따른 면적당 난방에너지 연간 소요량을 Fig. 5에 나타내었다.

6. 결론

공동주택 건물에너지효율등급에서 외피의 단열 성능은 그 결과에 상당한 영향을 미치고 있다. 특히 열적으로 취약한 창호의 성능을 개선하는 것이 그 효과가 큰 것을 알 수 있는데, 단열재와 창호의 성능이 건물 에너지 효율에 미치는 영향을 요약하면 다음과 같다.

(1) 본 연구의 대상모델에 있어 단열재에 의한 벽체의 열성능 개선으로 기존 모델의 21.2% 대비, 약 0.5~4.4%가량 에너지 절감율을 높일 수 있는 것으로 나타났고, 약 3 [MJ/m² · 년]~21 [MJ/m² · 년]의 난방에너지를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

(2) 창호에 의한 단열성능 개선으로 기존 모델 대비, 약 3%~9%의 에너지 절감율을 높일 수 있는 것으로 나타났고, 약 14 [MJ/m² · 년]~44

[MJ/m² · 년]의 난방에너지를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

(3) 단열재와 창호를 복합적으로 이용할 경우, 기존모델 대비, 최고 13.4%의 에너지 절감율을 높일 수 있는 것으로 나타났고, 약 64 [MJ/m² · 년]의 난방에너지를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Kim, J. Y. et al., 2006, The Effect of Building Energy Rating on the Balcony Remodeling in Apartment, Journal of the AIK, Vol. 22, No.3, pp. 295 - 302.
2. Kim, M. R, Yoon, J. O., 2004, A study on the Energy Conservation Design System for HERS, Journal of the AIK, Vol. 24, No.2, pp. 959 - 962.
3. Yu, K. H. et al., 2006, A Study on the Energy Efficiency Rating and Certification, Journal of the AIK, Vol. 22, No 12, pp. 319 - 962.