

건물 에너지 절약요소 적용을 통한 목조주택의 에너지 성능 개선*1

김 세 종*2,3 · 박 주 생*2 · 이 전 제*3,4†

Improvement of Energy Efficiency in Wood Frame House with Energy Efficient Methods*1

Sejong Kim*2,3 · Joo-Saeng Park*2 · Jun-Jae Lee*3,4†

요 약

본 연구는 목조주택의 건물에너지 성능을 평가하고 개선하기 위해 수행되었다. 목조주택의 에너지 요구량을 산정하기 위하여 CE3 (Construction Energy Efficiency Evaluation) 웹기반 소프트웨어를 사용하였고 그 결과 대상 주택의 연간 난방에너지 요구량은 바닥면적 1 m²당 160 kWh로 계산되었다. 난방에너지 요구량을 줄이기 위해 다음 4가지의 에너지 절감방법을 채택하였다: a) 건물형태의 단순화, b) 창호면적의 축소, c) 고성능 창호의 적용, d) 폐열회수환기장치의 적용. 열관류율 1 W/m²·K의 고성능창호로 교체할 경우 대상 주택의 난방에너지 요구량은 80 kWh/m²·a로 감소하였다. 4가지 방법을 조합하여 적용하면 고성능창호와 폐열회수환기장치를 함께 적용하였을 때 난방에너지 요구량은 34.5 kWh/m²·a로 감소하여 가장 우수한 성능을 나타냈다.

ABSTRACT

This research was carried out to evaluate and raise the energy efficiency of wood frame house. The commercial solution program CE3 (Construction Energy Efficiency Evaluation) was used for simulating the energy consumption in the single-family wood frame house. The results showed that the annual heating energy demand of the house was 160 kWh per 1 m² floor area. In order

*1 접수 2012년 11월 13일, 채택 2013년 1월 24일

*2 국립산림과학원 임산공학부 재료공학과. Division of Wood Engineering, Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

*3 서울대학교 산림과학부. Department of Forest Sciences, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

*4 서울대학교 농업생명과학연구원. Research Institute for Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 이전제(e-mail: junjae@snu.ac.kr)

to decrease the heating energy demand, the following energy efficiency methods were applied to the simulation : a) simplification of building shape, b) decrease of windows area, c) application of high performance windows (with low thermal transmittance) and d) application of heat recovery ventilator. In case of replacement of the windows with high performance one with thermal transmittance $1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, the lowest heating demand of $80 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ was obtained. The best combination of methods, application of high performance windows and heat recovery ventilator, showed heating energy demand $34.5 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$.

Keywords: light frame, energy efficiency, heating energy, building energy simulation, wood frame house

1. 서 론

1997년 교토의정서를 이후로 세계적 기후변화에 대한 국제적 대응이 본격화 되었고, 지구 온난화 가스의 하나로 이산화탄소가 지목되면서 대기오염의 탄소 배출에 관련한 구체적 규약들이 생겨나고 있다. 화석에너지의 사용을 줄이고 소재로서의 목재 사용을 늘리는 것은 이러한 탄소배출에 대한 대응에 도움이 될 수 있다.

최근 국제유가 상승과 더불어 2011년 후쿠시마 원전사고로 인한 원자력에너지에 대한 안전성 문제가 대두되면서 대체 에너지 개발 및 에너지 사용의 효율성이 중요한 이슈가 되고 있다. 우리나라는 세계 10대 에너지 소비국으로서 매년 총 에너지소비가 지속적으로 증가하고 있으며 이 중 96%가 해외에서 수입하고 있는 실정이다. 이 에너지 수입 비용은 전체 수입액의 29%에 달한다.

에너지통계 [1]에 따르면 부문별 최종 에너지에서 2005년 기준 가정·상업부문이 전체 에너지 소비 중 21.6%를 차지하고 이 중 60% 이상이 난방설비에 사용되는 것으로 나타났다. 이는 주택에서 난방에너지 사용을 줄이는 것이 전체 에너지 절감에 큰 효과가 있고 나아가 화석에너지 사용을 줄임으로써 탄소배출 절감에 효과적임을 나타낸다.

1980년대 북미의 목조주택 시스템이 국내에 도입되었으나 전문 인력 부족과 영세한 시장규모 등으로 목조주택 산업이 성장하지 못하였으나 최근 목질환경이 주는 친환경적 주거공간이 각광을 받으면서 목조주택에 대한 수요와 실내 마감재로서 목재 사용이

증가하고 있다. 또한, 2011년 12월 더반에서 있었던 기후변화 당사국총회에서 벌채목제품(HWP, Harvested Wood Products)의 탄소계정이 인정되면서 건축자재로서의 목재사용은 더욱 탄력을 받을 수 있게 되었다.

목조주택시장이 성장하려면 목조주택의 주거성능에 대한 객관적 지표 제시할 필요가 있는데 특히 에너지 성능과 관련한 주거성능 평가가 중요하다. 2009년 국토해양부와 지식경제부에서는 건축물 에너지 효율등급 인증제도를 고시한 이후 그 적용범위를 넓히고 등급규정을 세분화하고 있다. 건축 분야에서는 이에 맞춰 건물 에너지 성능평가와 영향 인자, 에너지 성능 개선 방법과 에너지 효율 등급의 인증제도에 대한 연구를 진행하여 왔다. 이승복(1995) [2]은 공동주택의 기밀성능을 실측하고 이를 근거로 에너지 절감 효과를 예측하였고, 윤종호 등(2008) [5]은 충청지역의 단독주택에 대한 기밀성능을 실측하여 기존에 측정된 기밀성능과 비교하였다. 김치훈 등(2009) [6]은 건물 외피의 열성능에 따른 건물의 에너지효율등급을, 안병립 등(2009) [7]은 지역에 따른 주거용 건물의 에너지효율 등급을 분석하였다. 이명주 등(2012) [8]은 단독주택을 대상으로 건축물에너지절약요소기술을 적용하여 에너지 요구량이 얼마나 절감되는지 확인하였다. 또한, 이러한 건물의 에너지 효율과 관련하여 에너지 성능 인증제도의 국가별 비교 분석도 송승영 등(2007) [9], 정창현 등(2010) [10], 송승영(2010) [11] 등에 의해 연구되어왔다.

그러나 앞서의 연구에서 연구대상들은 공동주택이나 콘크리트 주택에 제한되어있고 목조주택에 대한 실측 연구나 목조주택에 대한 에너지 성능 개선 연구

Table 1. Specification of test house

	Specification
Location	Seoul, Korea
Lot area	60,476 m ²
Building area	20,263.75 m ²
Total square	215.64 m ²
Construction	Wood/Concrete

는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존 목조주택의 에너지 성능을 평가하고 에너지 절약 요소를 적용하여 에너지 절감 효과를 확인하여 저에너지 주택으로 가기 위한 방안을 찾고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 대상 주택

건물 에너지 성능평가를 진행한 대상주택으로 기둥-보 목구조 골조에 경량 목조벽체를 벽체 시스템으로 시공한 국립산림과학원(서울 소재-동대문구 회기로 57) 내 테스트하우스를 선정하였다. 대상 주택의 건축개요는 다음 Table 1과 같다.

2.2. 건물 에너지 성능 평가

2.2.1. 건물 외피의 열전달

건물의 에너지 요구량은 특정조건(내·외부온도, 재실자, 조명기구 등) 하에서 실내(존, zone)를 쾌적하게 유지하기 위하여 건물이 요구하는 에너지를 의미한다[12]. 존(zone)에서의 에너지 요구량은 건축설계로 구성된 건물 외피를 통한 열전달에 의해 결정된다. 건물 외피의 열전달은 외피를 직접 투과하는 열전달과 외피의 틈새를 통하여 발생하는 대류열전달로 나눌 수 있다. 건물 외피를 직접 투과하는 열전달은 '열관류율'이라는 지표로 외피의 열전달 성능을 나타내며, 외피의 틈새에 의한 열전달은 '기밀성'이라는 지표로 나타낸다. 열관류율은 외피를 구성하는 건축 재료의 열적 성능과 구성에 의해 결정되는 것으로

시공 이전 건축 설계 단계에서 결정이 된다. 그러나 건물의 기밀성능은 시공 방법과 시공 과정에 따른 마감 정밀도에 따라 좌우되므로 완공 후 대상 건물에 대해 실측하여 평가한다. 본 연구에서는 건축 설계 단계에서 에너지 절약 요소를 적용하여 건물 외피를 통한 열전달을 최소화하고자 하였다.

건물 외피의 열전달 성능을 결정하는 열관류율(U-value) 계산은 다음 식 (1)과 같다.

$$U = \frac{1}{R_{in,sur} + \sum R_{wall} + R_{out,sur}}$$

$$R = \frac{x}{k} \tag{1}$$

여기서, k = 열전도율(W/m·K)

x = 두께(m)

R = 열저항(m²·K/W)

U = 열관류율(W/m²·K)

R_{wall} = 벽체 재료별 열저항

$R_{in,sur}$ = 벽체 내표면 열저항

$R_{out,sur}$ = 벽체 외표면 열저항

본 연구에 사용된 대상건물의 외피 구성은 외벽의 경우 R19 유리섬유 단열재를 시공한 2"×6" 경골목조벽체이며 외피구성에 따른 외벽, 지붕, 바닥의 열관류율은 다음 Table 2, 3, 4와 같다. 계산에 사용된 재료의 열전도 및 열저항값은 CE3 웹 프로그램에서 제공하는 입력값을 사용하였다.

시뮬레이션 입력값인 대상 건물의 기밀성능은 CE3프로그램에서 제공하는 기본값인 1.5 h⁻¹을 사용하였다.

2.2.2. 건물 에너지 성능 표시

건물 에너지 성능은 연간 바닥면적 1 m²당 냉난방과 조명, 급탕에 사용되는 에너지를 합산하여 나타낸다. 건물의 연간 에너지 사용에 있어 대부분은 냉난방에 의해 소비되며 이는 건물 외피를 통한 열전달 과정에 의해 결정된다. 특히 난방에 사용되는 에너지

Table 2. Thermal transmission of building envelopes (wall)

Envelope	Materials	k^* (W/m · K)	α^{**} (m)	R^{***} (m ² · K/W)	U^{****} (W/m ² · K)
Exterior wall	interior air film (vertical)			0.110	
	gypsumboard	0.180	0.0095	0.053	
	gypsumboard	0.180	0.0095	0.053	
	2" × 6" light frame (R19 glasswool)	0.046	0.1400	3.043	
	OSB	0.140	0.0120	0.086	
	housewrap	0.210	0.0002	0.001	0.280
	air gap	0.174	0.0150	0.086	
	plywood	0.150	0.0110	0.073	
	stucco	0.180	0.0050	0.028	
	exterior air film			0.043	
Total			0.2022	3.576	

(http://kihoo.co.kr)

* thermal conductivity (W/m · K)

** length (m)

*** thermal resistance (m² · K/W)

**** coefficient of thermal transmission (W/m² · K)

Table 3. Thermal transmission of building envelopes (roof)

Envelope	Materials	k^* (W/m · K)	α^{**} (m)	R^{***} (m ² · K/W)	U^{****} (W/m ² · K)
Roof	interior air film (horizontal)			0.086	
	paint	0.170	0.0002	0.001	
	gypsumboard	0.180	0.0095	0.053	
	gypsumboard	0.180	0.0125	0.069	
	2" × 10" light frame (R30 glasswool)	0.044	0.2350	5.341	0.176
	OSB	0.140	0.0110	0.079	
	asphalt roofing 30 kg	0.340	0.0030	0.009	
	metal plate	44.000	0.0004	0.000	
	exterior air film			0.043	
	Total			0.2716	5.681

(http://kihoo.co.kr)

* thermal conductivity (W/m · K)

** length (m)

*** thermal resistance (m² · K/W)

**** coefficient of thermal transmission (W/m² · K)

가 전체 에너지에서 차지하는 비중이 크고 건물의 에너지 설계 효율에 따라 변화폭이 크기 때문에 건물의 에너지 성능은 난방에너지요구량을 기준으로 한다.

2.2.3. 에너지 성능 시뮬레이션

건물 에너지 성능을 평가하기 위하여 CE3 (Construction Energy Efficiency Evaluation) 웹기반 소프트웨어를 사용하였다. 이는 ISO 유럽의 건물에너지성

Table 4. Thermal transmission of building envelopes (floor)

Envelope	Materials	k^* (W/m · K)	x^{**} (m)	R^{***} (m ² · K/W)	U^{****} (W/m ² · K)
Floor	interior air film (horizontal)			0.086	0.187
	wood floor	0.150	0.0095	0.063	
	heating pannel	1.000	0.0400	0.040	
	compressed styrofoam	0.036	0.1000	2.778	
	concrete	0.190	0.4500	2.368	
Ttotal			0.5995	5.335	

(<http://kihoo.cokr>)

- * thermal conductivity (W/m · K)
- ** length (m)
- *** thermal resistance (m² · K/W)
- **** coefficient of thermal transmission (W/m² · K)

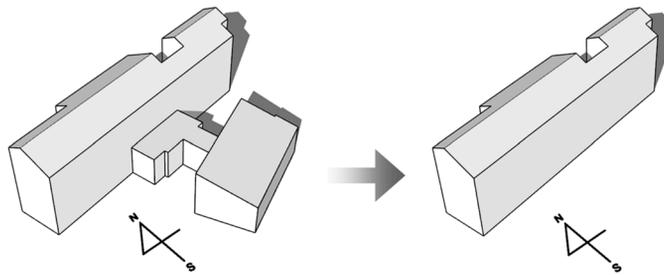


Fig. 1. Simplification of building shape.

능지침에 따른 국제표준 ISO 13790 및 독일의 건물 에너지성능 평가규격 DIN V 18599를 바탕으로 국내 실정에 맞추어 국내에서 개발된 프로그램이다. 서울 기후 데이터를 적용하여 건물의 에너지 요구량을 산출함으로써 기술요소 적용에 따른 에너지 개선효과를 비교하고자 한다.

2.3. 에너지 효율 개선 방안

기존 목조주택에서 에너지 성능을 개선하기 위해 신재생 에너지를 도입하지 않고 설계 단계에서의 개선방법을 고려하여 다음과 같은 네 가지 방법을 제시하였다.

2.3.1. 건물형태의 단순화 ‘method A’

건물형태를 단순화하는 것으로 건물형태는 건물의

용적(V) 대비 외피표면적($A_{envelope}$)의 비($A_{envelope}/V$)로 표준화하여 나타낼 수 있다. 건물의 형태가 복잡할수록, 즉 $A_{envelope}/V$ 가 커질수록 에너지 특성치는 커진다. 따라서 건물형태를 단순화하도록 다음 Fig. 1과 같이 테스트하우스의 남쪽에 위치한 거실부분을 제외한 나머지 부분만으로 에너지 요구량을 계산하여 비교하였다. 건물의 형태를 단순화함으로써 $A_{envelope}/V$ 가 1.1 m²/m³에서 1.03 m²/m³으로 감소하였다.

2.3.2. 창문면적 축소 ‘method B’

창문의 경우 열관류율이 3.1 W/m² · K로 벽체 0.28 W/m² · K보다 10배 이상의 열관류율을 나타내었다. 본 연구에 사용된 테스트하우스의 외피면적 대비 창호면적의 비는 25%였다. 열손실이 많이 발생하는 창호를 전체 외피면적 대비 창호면적의 비가 9%인 경우로 감소시켜 비교하였다. 여기서 주거공간의

Table 5. Combination of energy efficient methods

	A simplification of building shape	B decrease of window area	C application of high performance windows	D application of heat recovery ventilator
Case 0	-	-	-	-
Case 1	-	-	-	○
Case 2	-	-	○	-
Case 3	-	-	○	○
Case 4	-	○	-	-
Case 5	-	○	-	○
Case 6	-	○	○	-
Case 7	-	○	○	○
Case 8	○	-	-	-
Case 9	○	-	-	○
Case 10	○	-	○	-
Case 11	○	-	○	○
Case 12	○	○	-	-
Case 13	○	○	-	○
Case 14	○	○	○	-
Case 15	○	○	○	○

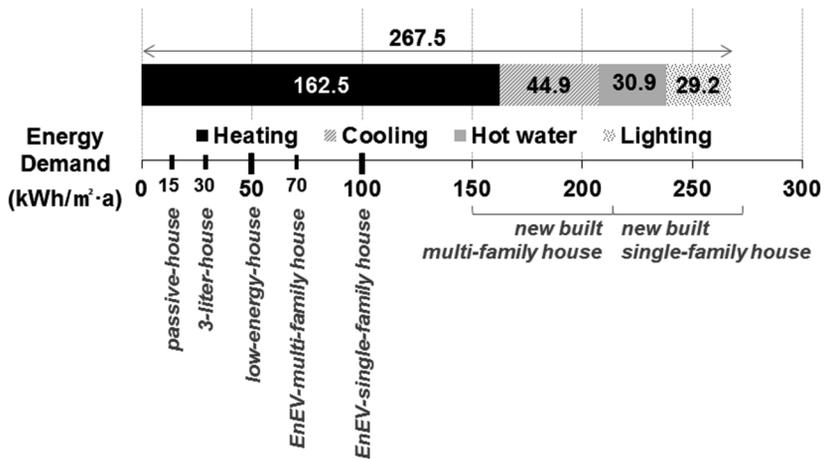


Fig. 2. Annual energy demand.

쾌적감을 해치지 않으면서 에너지 효율을 극대화하는 수준은 바닥면적 대비 창호의 면적이 24%일 때다. 본 연구에 사용된 테스트하우스의 경우 전체 외피면적 대비 창호면적의 비가 9%일 때 이를 만족하였다.

2.3.3. 고성능창호의 적용 ‘method C’

창호의 면적을 줄이지 않고 열관류율이 낮은 고성능 창호를 적용하여 에너지 성능을 개선하고자 하였다. 독일의 저에너지주택인 패시브하우스의 경우 열관류율이 $1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 이하의 창호를 사용하므로 이

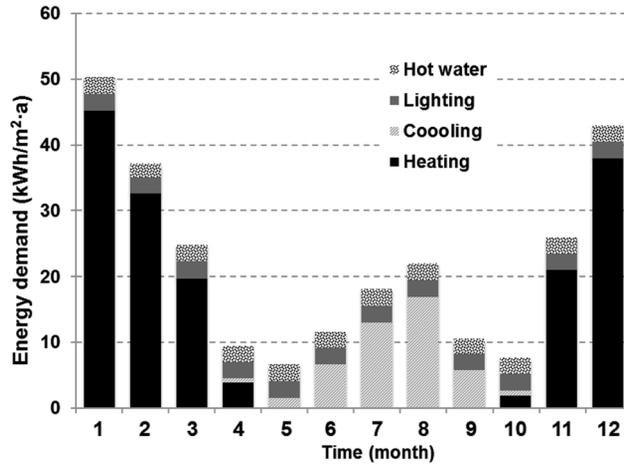


Fig. 3. Monthly energy demand.

를 기준으로 계산하였다.

2.3.4. 폐열회수 환기장치의 적용 ‘method D’

난방에너지요구량을 저에너지 주택 수준으로 낮추기 위해서는 건물의 기밀성 확보가 필요하다. 이는 실내공기의 자연환기가 어려워져 인공적인 환기를 필요로 하게 되고 환기를 통해 발생하는 열손실을 줄이기 위해 폐열회수 환기장치 사용이 필수적이다.

본 연구에 사용된 테스트 하우스의 기밀성능을 독일 패시브하우스 기준인 침기율 0.6 h^{-1} 까지 확보하고 일반적으로 사용되는 효율 75%의 폐열회수 환기장치를 적용하였다.

2.4. 에너지 절약 요소 조합

앞서 제시한 방법들을 모두 조합하여 다음 Table 5와 같은 경우에 따라 에너지 성능을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 연간 에너지 요구량

CE3 시뮬레이션 프로그램을 통해 대상 주택의 연간 에너지 요구량은 $267.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{a}$ 로 계산되었다 (Fig. 2).

계산된 테스트 하우스의 난방에너지 요구량은 $162 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ 로 국내 신축 공동주택 수준에 해당한다. 이를 등유로 환산하면 약 16 ℓ에 해당한다. 실측된 국내 주택의 난방에너지와 비교해보면 아파트의 경우 연간 난방에너지 사용량은 $84 \sim 131 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ 로 조사되었으며(이봉진 등, 2004)[4] 단독주택의 경우 $128 \sim 222 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ (장문석 등, 2000)[3]로 나타났다. 일반적으로 독일의 패시브하우스는 1.5 ℓ 하우스(= $15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$)이며 저에너지 주택이 되려면 5 ℓ 이내로 난방에너지 요구량을 줄여야 한다. 에너지 요소별 요구량을 분석하면 난방 61%, 냉방 17%로 냉난방에 요구되는 에너지가 전체 78%로 가장 크게 나타났다.

Fig. 3의 월별 에너지 요구량을 살펴보면 냉난방 계절에 따라 비율이 변하였다. 또한 조명 및 급탕에 요구되는 에너지는 시간에 따라 변하지 않고 일정하다. 이를 통해 조명 및 급탕에 요구되는 에너지는 외기조건이 아닌 설계 조건만으로 결정된다는 것을 알 수 있다.

3.2. 에너지 절약 요소 적용

3.2.1. 건물형태의 단순화

건물의 형태를 단순화함으로써 용적(V) 대비 표면적(A_{envelope})의 비(A_{envelope}/V)가 $1.1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 에서 $1.03 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Table 6. Effect of building shape on energy demand

Aenvelope*/V** (m ² /m ³)		Case 0	Case 8	Variation
		1.1	1.03	-6.4%
Energy demand (kWh/m ² ·a)	Heating	162.5	122.3	-24.7%
	Cooling	44.9	31.6	-29.6%
	Heating + Cooling	207.4	153.9	-25.8%

* surface area of building envelopes (m²)

** volume of building (m³)

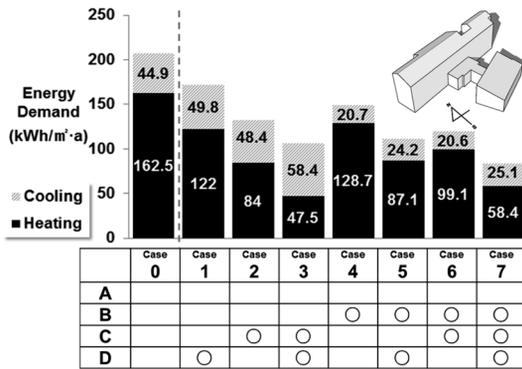


Fig. 4. Energy demands of energy efficiency methods combinations (Entire building).

으로 감소하였고 이에 따라 냉난방 에너지 모두 감소하였다(Table 6). 난방 에너지 기준으로 16 ℓ에서 12 ℓ로 24.7%의 감소폭을 보였다. 이를 통해 동일 부피 대비 외피 면적이 넓을수록 외피를 통한 열손실이 많이 발생하여 냉난방에너지 요구량이 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 건물 형태를 단순화할수록 저에너지 주택에 유리하다.

3.2.2. 창문면적 축소

외피면적 대비 창호면적 비율이 9%일 때 난방 에너지요구량은 20.8% 감소하여 난방 에너지요구량 기준 13 ℓ 하우스로 나타났다. 냉방에너지요구량이 감소하는 것은 창을 투과하는 태양 입사 에너지의 영향이 감소하였기 때문이다.

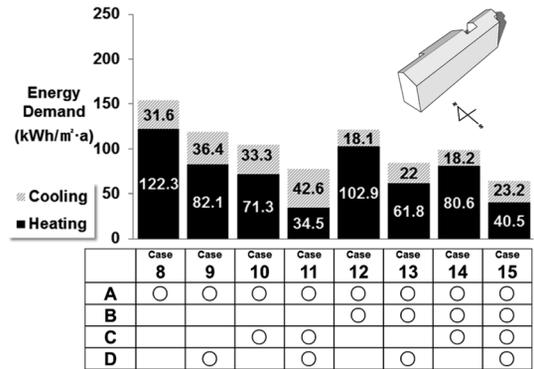


Fig. 5. Energy demands of energy efficiency methods combinations (without living room).

3.2.3. 고성능창호의 적용

고성능 창호의 적용만으로 난방에너지요구량 기준 8 ℓ 하우스까지 감소하였다. 냉방에너지가 증가한 것은 태양입사에너지 양은 유지한 채 창호의 열관류율 감소로 실내의 열에너지가 외기로 빠져나가는 양이 감소하였기 때문이다.

3.2.4. 폐열회수 환기장치의 적용

본 연구에 사용된 테스트 하우스의 기밀성능을 환기율 0.6 h⁻¹까지 확보하고 일반적으로 사용되는 효율 75%의 폐열회수 환기장치를 적용하면 난방에너지요구량 기준 12 ℓ 하우스까지 개선되는 것으로 나타났다. 기밀성이 확보된 건물일 경우 주거 쾌적감으로 인해 일정한 환기의 필요성이 있고 이 때문에 환기장치의 도입은 필수적이다. 기밀성이 확보되지 않은 경우 폐열회수 환기장치의 도입은 폐열회수로 얻

Table 7. Effect of opening area on energy demand

Awindow*/Aenvelope**		Case 0	Case-4	Variation
		25	9	-64.0%
Energy demand (kWh/m ² · a)	Heating	1625	128.7	-20.8%
	Cooling	44.9	20.7	-53.9%
	Heating + Cooling	207.4	149.4	-28.0%

* area of windows

** surface area of building envelopes

Table 8. Effect of window thermal performance on energy demand

U-value* of Windows (W/m ² · K)		Case 0	Case 2	Variation
		3.1	1.0	-67.7%
Energy demand (kWh/m ² · a)	Heating	1625	84.0	-48.3%
	Cooling	44.9	48.4	+7.7%
	Heating + Cooling	207.4	132.4	-28.0%

* thermal transmittance

Table 9. Effect of heat recovery ventilator on energy demand

ACH50* (h ⁻¹)		Case 0	Case 1	Variation
heat recovery ventilator		15	0.6	-60%
		×	○	×
Energy demand (kWh/m ² · a)	Heating	1625	122.0	-24.9%
	Cooling	44.9	49.8	+10.9%
	Heating + Cooling	207.4	171.8	-17.2%

* hourly air change rate at a pressure difference of 50Pa between inside and outside

는 열에너지보다 환기장치 운전에 의한 전기 에너지 사용이 더 클 수 있으므로 환기장치 도입 시 기밀성능 확보는 반드시 이루어져야 한다. 본 연구에서는 에너지 성능 평가 프로그램에서 제공하는 기본값을 사용하여 에너지 절약 요소에 대한 에너지 절감 가능성을 검토하였으나 실제 에너지 성능 평가를 위해서는 기밀성능에 대한 실측이 반드시 이루어져야 한다.

3.3. 에너지 절약 요소 조합

Figs. 4와 5를 살펴보면 4가지 에너지 절약 요소를 조합하여 적용하였을 때 고성능 창호와 폐열회수 장치를 사용하였을 때 가장 우수한 에너지 성능을 보였다(case 3, 7, 11, 15). 열관류율이 낮은 고성능 창호

를 사용하는 경우 창호 면적을 함께 줄이면 난방에너지 요구량이 오히려 증가한다(case 2 vs 6, 3 vs 7, 10 vs 14, 11 vs 15). 이는 고성능 창호의 경우 창호를 통해 발생하는 열관류에 의한 열손실보다 태양광 입사에 의한 열획득이 더 크기 때문이다. 따라서 창호면적을 결정할 때 열관류율이 낮고 에너지투과율이 높은 창호를 사용할 경우 창호를 통한 열획득과 열손실을 검토할 필요가 있다.

4. 결 론

기존 목조주택을 대상으로 시뮬레이션 프로그램을 통해 건물 에너지 성능평가를 수행하고 에너지 절약 요소를 적용하여 에너지 절감효과를 비교, 분석하였

다. 이를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 대상주택의 건물 연간 난방에너지 요구량은 $162 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ 였다. 이는 국내 신축 공동주택 수준의 에너지 성능이다.

2) 건물 형태가 단순해질수록 난방에너지 요구량이 감소하였다. 건물 형태가 단순해질수록 동일 부피 대비 열손실이 발생하는 외피 면적이 감소하기 때문이다.

3) 벽체에 비해 열관류율이 높은 창호의 면적이 줄어들수록 난방에너지 요구량은 감소한다. 그러나 열관류율이 낮은 고성능 창호를 사용할 경우 열관류를 통해 발생하는 열손실보다 창호를 통해 입사하는 태양광에 의한 열획득이 더 커서 난방에 유리할 수 있다. 따라서 창호 면적의 결정은 창호 성능에 따라 열획득과 손실을 고려하여 결정할 필요가 있다.

4) 폐열회수 환기장치의 사용은 냉난방 에너지 모두 요구량을 절감하는 데 유리하다.

5) 대상주택에 신재생에너지를 도입하지 않고 설계만으로 $34.5 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ 까지 난방에너지 요구량 절감이 가능하였다.

본 연구를 통해 기존 목조주택의 건물에너지 성능을 평가하고 여러 가지 에너지 절약요소를 적용하여 에너지 절감 가능성을 판단하였다. 본 연구에서는 경량목조의 단독주택을 대상으로 하였으나 향후 기둥-보 또는 통나무주택 등의 여러 형태의 목조주택에 대해 현재의 에너지 성능 및 각 구조에 따른 에너지 성능 개선 방법에 대해 연구할 필요가 있다. 이는 향후 건물에너지효율등급 인증제도와 맞물려 기존 주택의 에너지 성능 평가와 에너지 효율 확보에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 에너지관리공단. 2012. 2012 에너지 통계 핸드북. www.kemco.or.kr.
2. 이승복. 1995. 공동주택의 기밀성능 평가 및 에너지 절감효과 분석. 한국태양에너지학회 논문집 15(3): 119~125.
3. 장문석, 김병수, 박효순. 2000. 단독주택의 에너지 소비 실태 조사에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 - 계획계 16(5), 131~136.
4. 이봉진, 정동열, 이선, 홍희기. 2004. 한국형 아파트의 난방에너지 분석 2: 난방방식에 따른 차이, 설비공학논문집 16(5): 459~467.
5. 윤종호, 박재완, 이광성, 박남춘, 신우철. 2008. 충청지역 단독주택의 기밀성능 실험 연구, 한국태양에너지학회 논문집 28(5): 65~71.
6. 김치훈, 안병립, 김지연, 장철용. 2009. 외피 열성능에 따른 건물에너지효율등급 분석 연구, 한국태양에너지학회 논문집 29(5): 59~64.
7. 안병립, 김치훈, 김지연, 장철용. 2009. 지역에 따른 주거용 건물에너지효율등급 분석 연구, 한국태양에너지학회 논문집 29(5): 53~58.
8. 이명주, 김원석, 이우주, 이원택. 2012. 건축물에너지절약요소기술 적용에 따른 단독주택 에너지 요구량 절감률 변화에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 - 계획계 28(5): 275~282.
9. 송승영, 이수진. 2007. 국내외 건물 에너지성능 인증제도 비교, 분석, 한국태양에너지학회 논문집 27(4): 77~85.
10. 정창현, 김지영, 김태연, 이승복. 2010. 패시브 하우스와 건물에너지효율등급인증 건물의 특성 비교를 통한 건물에너지효율등급인증제도 개선점 분석, 대한건축학회 논문집 - 계획계 26(3): 235~243.
11. 송승영, 구보경, 이병인. 2010. 한국과 영국의 주거용 건물 에너지효율등급인증제도 운영 및 평가 방식과 에너지소요량 산출방법 비교 분석, 대한건축학회 논문집 - 계획계 26(5): 363~372.
12. ISO 13790: 2008. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling.