

기존 농촌주택과 패시브형 주택의 에너지 요구량 비교분석

- PHPP분석을 통한 주택의 기밀성 및 창호성능 분석을 중심으로

An Analysis of the Building Energy Demand of Rural House and Passive type House

An Analysis of the Airtightness and Window system Performance according to using PHPP

조 경 민*
Cho, Kyung-Min

이 태 구**
Lee, Tae-Goo

김 주 수***
Kim, Joo-Soo

Abstract

Due to global warming issues caused by climate changes which are internationally being highlighted, recently, there are lots of efforts under way to reduce energy consumption in various fields. Currently, 25 percent of energy consumption in Korea are being generated from buildings and especially, nearly 54 percent of them are being consumed by households.

This study, therefore, aims to consider energy consumption status in the existing rural houses and analyze structure system performance, window system performance and air-permeability of domestic passive-type buildings using PHPP which is an analysis program of building energy to improve energy consumption problems in rural areas.

Then, energy reduction plans in rural houses were proposed, by comparing and analyzing energy reduction of the existing rural houses, based on these data.

키워드 : 패시브 하우스, 패시브형 주택, 농촌주택, 기밀성, 블로어 도어, 저에너지

Keywords : Passive House, Passive type House, Rural House, Airtightness, Blower Door, Low-Energy

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국제적으로 기후변화에 의한 지구온난화 문제가 부각되면서 다양한 분야에서 에너지 절감을 위한 노력이 활발히 진행되고 있으며, 건축분야에서도 에너지 절감을 위한 다양한 노력이 간구되고 있다.

현재 우리나라의 연간 총에너지 소비량은 216.5Mtoe로 IEAE 2006을 기준으로 세계 11위에 해당하고, 이 중 건축물에서 사용되는 에너지 소비량은 국가 전체 소비량의 약 25%이다. 이러한 건축물에서 사용되는 에너지 소비량 중에서 약 54%를 가정부문을 소비하고 있고, 그중에서도 약 32%를 단독주택에서 소비하고 있는 것으로 나타났다¹⁾. 이러한 주택의 에너지 소비는 과거 인류가 시작된 때부터 지속적으로 증가되고 있는 추세이며, 주택 에너지

원의 약 91%가 석유류에서 비롯됨으로써 화석연료의 비중이 큰 것으로 나타나고 있다.

한편 도시지역보다 농촌지역에서 에너지 소비원 중 등유계 열원소비가 49%를 차지하고 있어, 유가상승에 대한 직접적인 영향을 농촌지역에서 더욱 민감하게 받고 있는 실정이다.

따라서 저탄소 녹색성장시대를 맞이하여 주택분야에서 에너지 절감기법의 개발이 요구되며, 더욱이 기존 건물에서 난방에너지를 90% 이상 절감하면서 쾌적성을 확보할 수 있는 독일의 저에너지 건축기술인 패시브 건축기술을 농촌주택에 적용하는 방안을 고려해야 한다.

또한 도시지역의 주택형태 비중은 공동주택이 주를 이루고 있는 반면 농촌지역은 단독주택이 상대적으로 높게 나타나 많은 난방에너지를 소비하는 농촌지역에서 저에너지 건축기법의 연구가 시급한 실정이다.

이에 본 연구에서는 기존 농촌주택에 대한 에너지 소비 현황을 검토하고 이를 개선하기 위해 국내 패시브형 건물에서의 창호성능 및 기밀성능을 분석하였다. 이러한 데이터를 토대로 건물에너지 해석프로그램인 PHPP를 이용하여 에너지 절감량을 비교분석함으로써 농촌주택에서의 에너지 절감방안을 제안하고자 한다.

* 주저자, 세명대학교 건설공학과 박사과정 (term257@nate.com)

** 교신저자, 세명대학교 건축공학과 부교수 (taegoolee@empal.com)

*** 공동저자, 세명대학교 건설공학과 석사 (rlawnwn@nate.com)

1) 2008 에너지 공단 기후변화 발표자료

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 기존 농촌주택과 패시브형 주택의 기밀성에 따른 에너지 소비량 분석과 적용된 창호에 의한 에너지 소비량을 비교분석하는 것으로 연구의 범위를 설정하였다.

연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 독일의 패시브 하우스의 요구성능과 기준을 이해하고 실제 패시브 기준으로 지어진 주거건물과 기존 농촌 표준주택설계로 지어진 건물을 대상으로 에너지 요구량을 분석하였다.

둘째, 기존 농촌표준주택의 창호를 고성능 창호로 변경한 이후의 기밀성과 패시브 하우스 기준으로 지어진 패시브형²⁾ 주택의 기밀성을 측정하여 각 모델의 창호 변경에 따른 기밀성 및 에너지 요구량을 분석하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 패시브 하우스(Passive House) 개념 및 개요

1) 패시브 하우스의 개요

패시브 하우스는 독일의 Passive House Institute에서 처음 정의된 개념으로써 건축물의 외피를 고기밀, 고단열 형태로 구축하여 '전통적인 기계 냉·난방 설비가 필요 없이 여름철과 겨울철에 쾌적한 실내환경을 제공하는 건물'로 정의하였다. 또한 자연에너지(Natural Energy)를 적극 활용하여 열에너지의 손실을 최소화함으로써 에너지를 최대한 절약할 수 있는 건축물을 의미한다.

보다 구체적으로 패시브 하우스는 연간 난방 에너지 요구량³⁾이 15(kWh/m².a) 미만이어야 하며, 냉방·난방·급탕·전기를 포함한 연간 1차 에너지 요구량⁴⁾이 120(kWh/m².a) 미만을 필수조건(prerequisite)으로 규정하고 있다.⁵⁾

이러한 패시브 하우스 기준(Passivhaus standard)은 1995년 독일에서 최초로 만들어졌으며, 이와 같은 요구조건은 유사한 기후대를 가진 국내에서도 에너지절감을 위한 건축의 요구성능으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

표 1. 독일 패시브 하우스 요구 성능 설계 조건⁶⁾

구분	요구량
연간 난방 에너지 요구량	≤ 15 kWh/m ² .a
1차 에너지 요구량	≤ 120 kWh/m ² .a
기밀성능 (Air Tightness)	≤ 0.6 h ⁻¹ , 50pa
창문 프레임과 유리의 평균 U-value	≤ 0.8 W/m ² .K
창문 유리의 평균 g-value	≥ 0.5
환기시스템 에너지 환기효율 ηHR	≥ 75%(난방효율)
	≤ 0.45 Wh/m ³

2) 본 연구에서는 독일 PSI(Passive House Institute)에서 패시브 하우스 인증을 위한 기본조건에 충족되는 구조체의 성능 및 창호성능에 부합하도록 지어진 주택을 지칭하였음.

3) 건축물내에서 난방이 필요한 층별 내부면적(TFA-Treated Floor Area)을 설정온도(실내온도 20℃)로 유지하기 위해 필요한 연간 에너지량 즉, 제곱미터당 필요한 연간 난방에너지량을 말함

4) 연간 건축물에서 난방에너지를 포함하여 사용되는 냉방, 급탕, 전기에너지를 건축물 층별 내부면적(TFA-Treated Floor Area)으로 나눈 에너지 요구량을 말함.

5) 독일 Passive House Institute (2001)

6) 독일 Passive House Institute (2001)

표 1은 독일 패시브 하우스에서 요구되는 성능 설계 조건으로 다음과 같은 최소 성능을 만족시켜야 패시브 하우스 인증이 가능하다.

2) 패시브 하우스의 기밀성

건축물에서의 기밀(Airtightness)은 패시브 하우스의 필요조건 중 하나로써 에너지 절감의 중요한 요인으로 작용한다. 기밀성은 건물에서 실내·외로 들어오고 나가는 공기를 막아주는 정도를 말하며, 기밀하게 시공된 건축물은 계절별로 실내 온도를 쾌적한 수준으로 유지할 수 있고, 습기 및 결로를 방지할 수 있다.

그림 1은 건축물에서 기밀이 요구되는 대표적인 부위를 나타내며, 기밀층 형성 시 주의하여 시공해야 하는 부위를 나타낸 것이다. 그림 2는 일반 주택의 침기 부위별 면적비를 나타낸 것이다.

패시브 하우스의 기밀성 요구조건을 만족하기 위하여 건축물을 고기밀 공법으로 시공해야하며, 이를 정량적인 수치로 나타내기 위하여 건물 내·외부의 압력차 측정방식을 이용하고 있다. 또한 기밀성의 정도를 침기율로 나타낼 수 있으며, 이는 건물의 기밀 성능평가기준⁷⁾을 바탕으로 단계별로 등급을 제시한다.

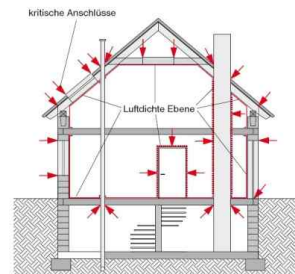


그림 1. 기밀층 형성 시 주의해야 하는 부위⁸⁾

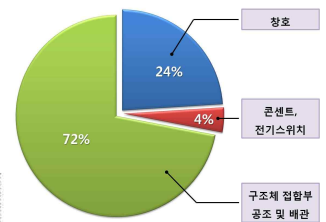


그림 2. 일반주택의 침기 부위별 면적비⁹⁾

2.2 PHPP(Passive House Planning Package)

건축물의 에너지 요구량은 건축설계단계에서 계산하고 검증함으로써 에너지 소비량을 분석할 수 있으며, 이러한 프로그램으로 미국의 TRNSYS, ENERGY PLUS, DOE와 영국의 ESP-r, 독일의 PHPP 그리고 국내의 CE3가 대표적이다. 이 프로그램 중 독일의 PHPP는 ISO13790에 기반한 독일 패시브 하우스 협회에서 제공하는 에너지 해석프로그램으로써 패시브 하우스의 에너지 요구량산정을 위해 제공된 프로그램이며, 적용요소가 명확하고, 결과의 신뢰도가 높기에 본 프로그램을 선정하였다.

독일 PHI(Passive House Institute)에서는 패시브 하우스 구현을 위하여 건물에 미치는 설계변수들을 결정하고

7) 미국기준인 ASHRAE규격 '주택의 기밀성능'에서 침기부하에 의한 지표(Infiltration degress day)수준에 따라 지역을 구분하고 그 지역에 허용된 기밀성능의 상한을 바닥면적에 대한 상당누기면적으로 표기함

8) RWE-Bauhandbuch 13.Ausgabe, Germany

9) 신우철 외 2명, 고기밀, 고단열 주택의 기밀성능에 관한 실험적 연구, 한국태양에너지학회 논문집 Vol 25, No.4, 2005

이를 국제 표준인 ISO 13790¹⁰⁾에 근거하여 주거용 건물의 에너지 요구량을 산출한다. 에너지 요구량 계산방식은 월간계산법(Monthly Calculation Method)을 적용하고 있다. 월간계산법은 계산시간 간격이 한 달이라는 단점이 있으나, 주어지는 조건에 의해 에너지 소비 및 획득량을 월간간격으로 계산하기 때문에 난방 및 냉방 에너지 요구량 산출시에 구조체의 열용량을 분석할 수 있고, 부위별 선형열교(ψ)를 함께 반영하여 비교적 정확한 에너지 요구량을 산출할 수 있다.

다음은 주거용 건물에서 PHPP를 이용한 난방에너지 요구량 및 1차에너지 요구량, 냉방부하량, 난방부하량을 산출하기 위한 프로그램의 시스템도이다.

PHPP 프로그램은 다음의 입력값을 순차적으로 적용하여 건축물에서 발생하는 냉방 및 난방에너지 요구량, 1차에너지 요구량과 에너지 획득량을 산출할 수 있다.

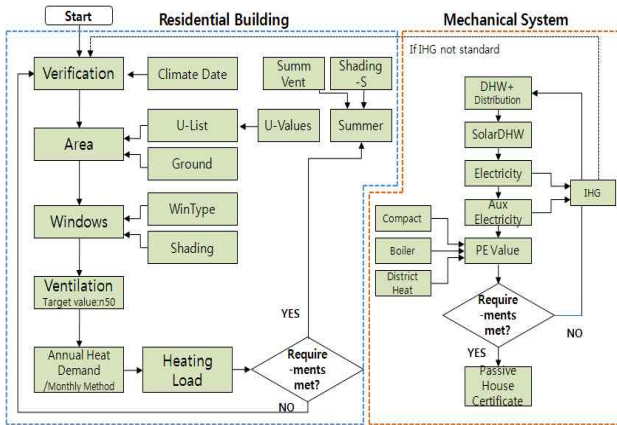


그림 3. PHPP 프로그램의 에너지 산출 시스템도

3. 분석모델의 자료구축 및 실행

3.1 평가모델의 선정 및 분석방법

1) 모델선정

농촌주택의 에너지 요구량 및 기밀성 평가를 위해 다음의 3가지 조건으로 모델을 선정했다.

모델1은 충북 제천시에서 최근 패시브형¹¹⁾으로 지어진 단독주택을 선정하였고, 모델2는 1990년대 농촌표준설계도로 지어진 농촌표준주택을 선정하였다. 모델3은 농촌표준주택(모델2)을 고성능 3중창호로 교체한 주택으로 선정하였다.

2) 분석방법

본 연구에서는 각 모델간의 에너지 요구량을 비교분석하고, 침기량 변화를 테스트하여 창호성능 및 침기량 변화가 주택에너지 요구량에 미치는 영향을 분석하였다.

이에 모델의 비교분석을 위하여 다음과 같은 기본조건

을 설정하였다.

기본조건으로 우선 에너지 소비량 분석 시 건물의 실내온도를 각각 20℃로 설정하며, 세대구성은 4인 가족으로 설정하였다. 또한 분석에 활용되는 기후데이터는 PHPP에서 인정하는 METEONORM 6.1의 충북 충주지역 표준기후데이터를 이용하였다¹²⁾.

모델별 기밀성을 평가하기 위하여 침기량 테스트를 실행하였고 침기량 측정방법으로는 미국 Energy Conservatory사의 Minneapolis Blower Door 시스템(Model 3 230V)을 이용한 감압법(Depressurization)을 이용하였다. 침기량의 측정기준은 50Pa을 기준으로 측정하지만, 실제 정상상태에서의 실내-외 압력차는 약 1~4Pa로 외피의 침기량을 측정하기 어려운 환경이다. 따라서 측정장비의 유효압력차 측정범위인 10~100Pa로 측정하여 침기율 교정상수¹³⁾인 N으로 나누어 표기하도록 하였다.

표 2. 평가 모델의 개요

모델명	모델1	모델2	모델3
위치	충북 제천시송학면	충북 제천시신월동	충북 제천시신월동
면적	144.79㎡(단층)	82.31㎡(단층)	82.31㎡(단층)
평가 모델 적용 사항	- 외단열방식 - 단열블럭구조체 - 철근콘크리트조 - low-e 3중유리 창호 - 폐열회수장치	- 중단열방식 - 시멘트 조적조 - PVC플라스틱 2중창호	- 중단열방식 - 시멘트 조적조 - low-e 3중유리 창호
실내설정 온도	20℃		

표 3. 평가 모델의 평면 및 단면



- 12) 해당지역의 기후데이터자료가 마련되지 않아 제천시지역인 충주지역의 기후데이터를 활용하였음
- 13) 침기율 교정상수(N)은 지역의 기상조건, 건물의 높이, 차폐물의 영향, 틈새의 유형을 보정하기 위한 수정계수로서 일반적으로 20을 적용함

3.2 모델별 구조체 및 창호의 특성

비교분석을 위한 각 모델별 구조체 및 창호의 특성은 다음과 같다.

모델1은 고기밀, 고단열 구조체인 단열블럭을 적용하여 패시브 하우스 기준조건(14)에 부합하도록 구체를 구성하였고, 선형열교가 발생하지 않는 외단열 공법을 적용하였다. 또한 셔터가 반영된 Low-e코팅 3중유리 창호와, 폐열회수 환기유닛을 적용하였다.

모델2는 농촌표준주택설계에 의해 1990년 초반에 국내 단열법규를 기준으로 건축되었고, 구조체는 중단열의 조적식 구조와 평지붕이 적용되었다. 창호는 THK12복층유리와 THK3 단층 유리가 적용된 PVC 2중 창호를 적용하였고, 각 부위별 단열재는 표준주택설계 시 법적단열성능에 부합되는 비드법 단열재를 적용하였다.

모델3은 모델2와 동일한 구조체를 가지고 있으며, 기존 창호에서 패시브형 주택에 적용된 Low-e코팅 3중유리 창호를 적용하였다. 모델3은 기밀성과 창호성능에 따른 에너지 요구량을 비교분석할 수 있도록 창호를 제외하곤 조건은 모델2 조건과 동일하게 적용하였다.

다음 표 3은 모델별 구조체의 구성요소 및 구조체 열성능과 적용된 창호시스템에 대한 내용이다.

표 4. 평가 모델별 적용 구조체 및 창호시스템

모델명	모델1		모델2		모델3	
분류	구성요소	열관류율 (W/m ² .K)	구성요소	열관류율 (W/m ² .K)	구성요소	열관류율 (W/m ² .K)
지붕	· 누름콘크리트 단열재(가급) · 콘크리트 단열재 · 공기층 · 석고보드마감	0.098	· 누름콘크리트 · 콘크리트 단열재 · 공기층 · 합판마감	0.285	· 누름콘크리트 · 콘크리트 단열재 · 공기층 · 합판마감	0.285
벽체	· 천연플라스터마감 · ISORAST블럭 단열재 · 철근콘크리트 ISORAST블럭 단열재 · 황토미장	0.119	· 치장벽돌 · 공기층 · 단열재 · 시멘트벽돌 · 1.0B · 모르타르미장 · 마감	0.420	· 치장벽돌 · 공기층 · 단열재 · 시멘트벽돌 · 1.0B · 모르타르미장 · 마감	0.420
바닥	· 시멘트몰탈 단열재(나급) · 철근콘크리트 단열재(가급) · 버림/잡석다짐	0.107	· 시멘트몰탈 단열재 · 철근콘크리트 버림/잡석다짐	0.643	· 시멘트몰탈 단열재 · 철근콘크리트 버림/잡석다짐	0.643
창호	· 3중 로이코팅 시스템창호	0.7	· PVC 복층유리 2중창호	2.9	· 3중로이코팅 시스템창호	0.7
	g- Value	0.6	g- Value	0.77	g- Value	0.6

14) 패시브 하우스 기준조건은 난방 에너지 요구량(15kW/m².yr)과 1차 에너지 요구량(120kW/m².yr), 기밀성(n50 ≤ 0.6h⁻¹), 구조체별 열관류율(외벽 및 지붕=0.15W/m².K, 창호0.8W/m².K), 환기조건(난방효율 ≥ 75%)을 만족시켰을 때 에너지 요구량을 달성할 수 있는 최소한의 권고 기준임

4. 분석결과

4.1 모델별 에너지 요구량

다음 그림3, 4, 5는 각 모델별 에너지 요구량을 분석한 결과로 다음과 같다.

모델별 에너지 요구량의 시뮬레이션 분석결과 모델1에서는 1차 에너지 요구량이 108(kWh/m².a)이며, 제곱미터당 난방에너지 요구량은 16(kWh/m².a)이고, 난방부하는 13(W/m²)로 나타났다.

모델2의 1차 에너지 요구량은 225(kWh/m².a)이고, 난방에너지 요구량은 133(kWh/m².a)이며, 난방부하는 58(W/m²)로 나타났다.

모델3에서는 1차 에너지 요구량이 187(kWh/m².a)이고, 난방에너지 요구량은 10(kWh/m².a)이며, 난방부하는 45(W/m²)로 나타났다.

따라서 모델1은 독일의 패시브 하우스 기준을 적용하여 분석한 주택으로 모델2, 모델3과 비교하여 연간 난방에너지 요구량부분에서 각각 약 8.3배와 6.3배 이상 더 낮은 에너지 요구량을 보였다. 또한 1차에너지에서는 각각 약 2.1배와 1.7배의 더 낮은 에너지 요구량 차이를 보였다.

모델2에서 고성능창호를 교체한 모델3은 모델2와 비교하였을 때 창호의 변경만으로 난방에너지 요구량이 약 30%이상 절감되는 것으로 나타났고, 1차에너지 요구량에는 약 20% 정도를 절감시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

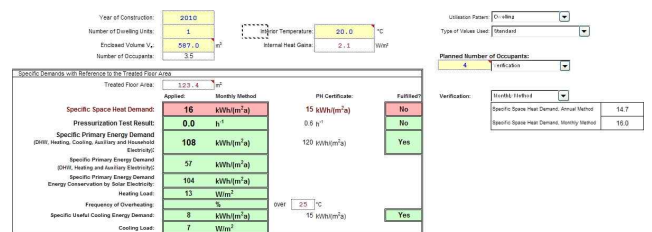


그림 4. 모델1의 PHPP 시뮬레이션 화면

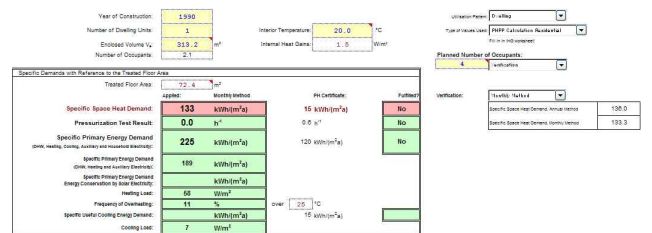


그림 5. 모델2의 PHPP 시뮬레이션 화면

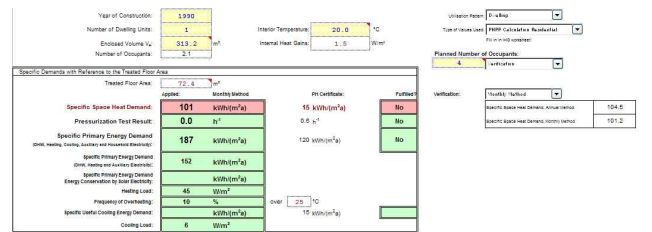


그림 6. 모델3의 PHPP 시뮬레이션 화면

그림 6은 PHPP를 이용한 에너지 요구량 시뮬레이션으로 3가지 적용모델의 에너지 요구량을 분석한 결과이다.¹⁵⁾

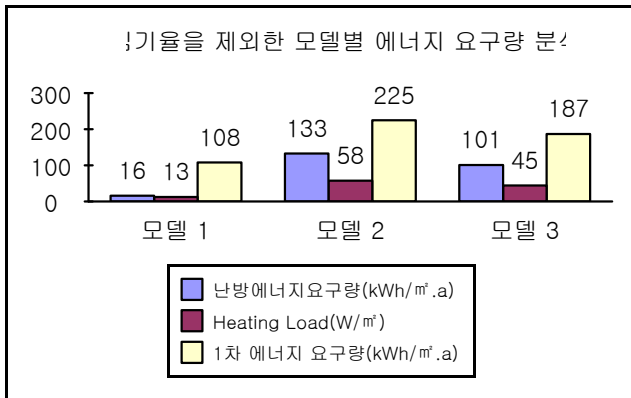


그림 7. PHPP를 이용한 모델별 에너지 요구량 분석

4.2 창호특성에 따른 모델별 열획득 및 열손실분석

창호는 건물에서 열획득이 가장 많이 이루어지는 부분으로 창호에 의한 열획득 및 열손실을 분석하기 위하여 PHPP 시뮬레이션분석으로 그림 7과 같은 결과를 도출하였다.

모델1에서 열획득은 2538(kWh/a)이고, 열손실은 1212(kWh/a)로 나타났으며, 모델2에서는 열획득이 2331(kWh/a), 열손실은 3842(kWh/a)로 나타났다. 결과적으로 창호에 의한 열획득과 열손실에서는 모델1이 열획득과 열손실면에서 모델2와 모델3보다 좋은 성능을 보였으며, 일반 PVC창호를 적용한 모델2는 고성능창호로 변경한 모델3과 비교하여 열손실부분에서 약 68%정도 열손실이 더 발생하였고, 열획득부분에서 약 14.5% 정도의 열획득이 감소되었다.¹⁶⁾

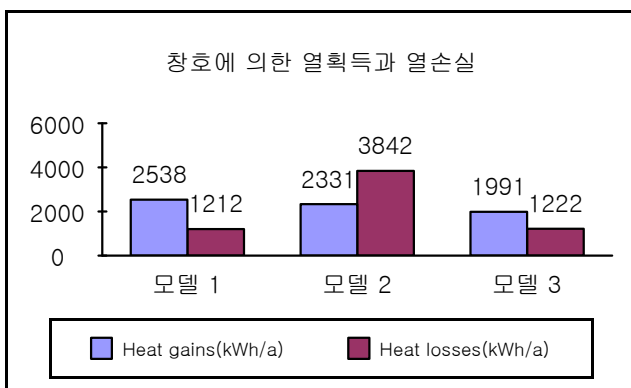


그림 8. PHPP를 이용한 모델별 열획득 및 열손실 분석

4.3 모델별 기밀성에 따른 에너지 요구량 비교분석

기존 주택에서 냉방 및 난방 된 실내공기가 환기와 침기에 의하여 에너지 손실로 발생되고 있다. 본 연구에서는 환기 및 침기에 의한 에너지 손실을 분석하기 위하여 각 모델별 침기량 테스트를 실시하여 창호성능에 따른 침기량의 변화와 침기량 결과를 적용한 모델별 에너지 요구량을 분석하였다.

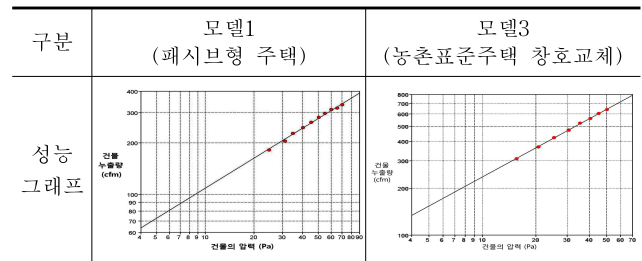
본 연구에서는 모델1과 모델3은 기준조건¹⁷⁾을 준수하여 Blower Door 테스트를 실시하였고, 모델2는 고성능창호로 교체하기전의 침기량 측정을 실시하지 못하여 충청지역의 농촌단독주택의 기밀성 측정을 실시한 선행연구의 평균 결과값¹⁸⁾을 이용하여 비교분석하였다.

표 5. 모델별 건물 기밀성능

구분	모델1 (패시브형 주택)	모델2 (농촌표준주택)	모델3 (농촌표준주택 창호교체)
면적	144.79㎡(단층)	82.31㎡(단층)	
ACH 50	1.28회/h	16.4회/h	5.18회/h
ACH 50/N*	0.064회/h	0.82회/h	0.26회/h

* N은 기상조건, 건물의 높이, 차폐물의 영향, 틈새 형태에 따른 기준에 따라 변화지만 일반적으로 20을 기준으로 계산

표 6. 측정모델의 기밀 성능그래프



※ 모델2는 충청지역을 대상으로 측정된 농촌형 단독주택의 평균 실험값을 인용한 것으로 성능그래프는 제외하였음

15) 분석모델의 입력조건으로 기후데이터, Electronic, PEvalue 등의 난방에너지 요구량과 1차에너지 요구량 변화에 영향을 미치는 요소는 동일하게 적용함

16) 모델1은 모델2, 모델3의 바닥면적과 창호면적이 상이하여 모델2와 모델3을 비교하는 결과 값만이 유효함

17) 침기량 측정을 위한 기준조건은 미국ASTM 기준에 따라 기상조건이 풍속0~2m/s이하일 때, 외기온 5~35℃ 이내일 때를 기준으로 실내 환기설비의 흡,배기구를 차단하고 측정하는 기준을 말함

18) 윤종호 외 4명, 충청지역 단독주택의 기밀성능 실측 연구, 한국태양에너지학회 논문집 Vol.28, No.5, 2008

표 7. ACH50 침기 횟수를 적용한 에너지 요구량비교분석

구분	모델1 (패시브형 주택)		모델2 (농촌표준주택)		모델3 (농촌표준주택 창호교체)	
	미적용	적용	미적용	적용	미적용	적용
ACH 50	1.28회/h		16.4회/h		5.18회/h	
난방에너지 요구량	16	21	133	296	101	150
Heating Load	13	18	58	208	45	91
1차에너지 요구량	108	109	225	412	187	244

※단위 - 1차에너지, 난방에너지 요구량단위 : kWh/m².a
- Heating Load : W/m²

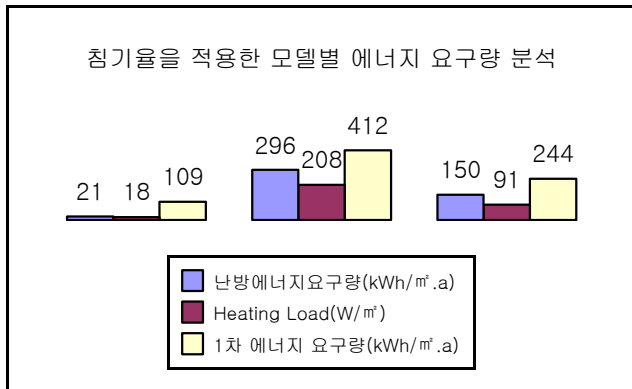


그림 9. ACH50 침기횟수를 고려한 모델별 에너지 요구량 분석

상기의 표 5와 표 6은 모델별 침기량 테스트를 실시한 결과 및 현장 실측한 사진과 성능그래프를 나타낸 표이고, 표 7과 그림 9는 기밀성능에 따른 에너지 요구량을 분석한 표이다.

본 연구에서 모델별 기밀성을 테스트한 결과, 패시브 주택공법으로 지어진 모델1은 n50=1.28회/h로 측정되었는데, 패시브 주택의 인증을 위해서는 ACH50(n50)일 경우 0.6회/h 이하의 침기횟수를 가져야 되지만, 본 건축물에서는 창호의 시공 및 기타 배관, 직접환기부분 등과 같이 기밀시공이 정확히 이루어지지 않아서 최소성능조건보다 낮은 침기횟수가 나타난 것으로 사료된다.

모델2는 ACH50일 경우 침기횟수가 평균 16.4회/h로 패시브형 주택인 모델1보다 약 13배 정도 높은 침기횟수로 나타났다. 반면 모델2를 고성능 창호로 교체한 모델3의 침기횟수는 ACH50일 경우 5.18회/h로 나타나 고성능 창호의 교환만으로도 침기량을 약 1/3 수준으로 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 건물에서의 침기량을 획기적으로 저감하기 위해서는 창호의 개폐방식의 전환과 창호의 기밀한 시공이 필요한 것으로 분석되었다.

모델별 침기횟수에 따른 에너지 요구량의 변화를 비교 분석하기 위하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

모델1에서 ACH50의 침기횟수 적용 전,후의 에너지 요

구량의 변화는 난방에너지 요구량과 난방부하가 각각 약 31.25%와 약 38%가 증가한 반면, 1차에너지는 약 1%만의 증가를 보였다.

모델2에서는 ACH50의 침기횟수 적용 전,후의 난방에너지 요구량변화량은 약 122%의 증가를 보였고, 1차에너지 변화량은 약 83%의 증가를 보였다. 난방부하는 약 130%의 증가를 보였다.

모델3은 ACH50의 침기횟수 적용 전,후의 난방에너지 요구량 변화는 약 47%의 증가를 보였고, 1차 에너지 요구량은 약 30%의 증가를 보였다. 난방부하에서는 약 102%의 증가를 보였다.

4.4 소결

분석결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, ACH50 침기횟수를 제외한 PHPP의 분석값으로 모델1의 난방에너지 요구량은 16(kWh/m².a)이고 1차에너지 요구량은 108(kWh/m².a)로 분석되었다. 모델2는 난방에너지와 1차에너지 요구량이 각각 133(kWh/m².a)과 225(kWh/m².a)로 나타났으며, 모델1과 비교하여 약 8.3배와 약 2.1배의 에너지 요구량 차이를 보였다.

반면 모델3은 난방에너지와 1차에너지 요구량이 각각 101(kWh/m².a)와 187(kWh/m².a)로 나타났으며, 모델1과 비교하여 약 6.3배와 1.73배의 에너지 요구량 차이를 보였다. 모델3은 모델2와 창호만을 교체하여 비교하였을 때 난방에너지에서 약24%, 1차에너지 요구량에서 약 17% 정도 감소하는 것으로 분석되었다.

상기의 분석결과를 통하여 패시브 기준을 적용한 모델1과 모델2의 분석결과와 같이 기존 농촌주택이 패시브 기준을 적용하여 건축된다면 농촌지역에서 난방 및 냉방에 필요한 에너지를 획기적으로 절감할 수 있을 것으로 분석되었다. 또한 모델2와 모델3의 비교분석 결과와 같이 고성능 창호의 교체만으로도 상당한 에너지 절감을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

둘째, ACH50 침기횟수를 고려한 모델별 난방에너지 및 1차에너지 요구량은 모델1에서 침기횟수를 적용하기 전 보다 각각 약 31.25%와 약 1%의 증가량을 보였고, 모델2는 약 122%와 약 83%의 에너지 증가량을 보였다. 모델3에서는 난방에너지 및 1차에너지 요구량이 각각 약 48.5%와 약 30%의 증가를 보였다.

셋째, 각 모델별 ACH50 침기횟수는 모델1이 1.28회/h, 모델2가 16.4회/h, 모델3이 5.18회/h로 측정되었고, 모델2와 모델3에서 창호의 교환만으로 ACH50 침기횟수를 약 68% 정도 감소시킬 수 있는 결과로 나타났다. 또한 침기횟수의 변화에 따라 난방에너지 요구량 역시 약 50%의 에너지 절감효과를 기대할 수 있는 것으로 분석되었다.

넷째, 모델2와 모델3에서 기존 농촌주택에서의 고성능 창호의 교환은 창호를 통한 열획득부분에서는 약 14.5%의 감소효과를 나타냈고, 열손실부분에서는 약 68%정도 절감하는 결과로 나타났다.

상기 분석결과는 건축물에서의 침기횟수는 난방 및 1차에너지 요구량에 상당한 영향을 미치고 있으며, 단열성

능이 낮은 기존 농촌주택에서 그 차이가 큰 것으로 나타났다. 또한 침기량에 따른 에너지 변화 결과를 토대로 침기량은 1차에너지 보다 난방에너지와 난방부하량에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었으며, 창호성능의 변화는 침기량과 에너지 요구량에 큰 영향을 미치는 요인으로 작용하는 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 연구는 충북 제천에 소재하고 있는 농촌주택을 대상으로 독일 패시브하우스 기준으로 지어진 패시브형 농촌주택과 기존 농촌표준주택설계도서에 의해 지어진 농촌주택을 비교분석함으로써 모델간의 에너지 요구량 및 창호와 기밀성에 의한 난방 및 1차에너지 변화량을 분석하는데 목적이 있다.

따라서 패시브 하우스의 기준이 되는 난방에너지 및 1차에너지 요구량의 비교분석을 위하여 각 모델을 선정하고 난방에너지 및 1차에너지 요구량 산출을 위해 패시브하우스 인증 프로그램인 PHPP를 이용하였다. 또한 고성능 창호의 적용여부에 따른 기밀성과 에너지 요구량에 미치는 영향을 분석하였다.

모델간의 난방에너지 비교분석결과 패시브형 농촌주택에 비교하여 기존 농촌주택의 난방에너지의 차이는 약 8배 이상 차이를 보였고, 기존주택 모델에서도 고성능 창호로 교체한 모델과의 차이는 약 6배 정도의 에너지 요구량차이를 보임으로써 기존 농촌표준주택을 패시브하우스의 기준을 적용하여 신축하였을 경우 상당한 에너지 절감 효과를 가져 올 수 있을 것으로 사료된다.

창호교체에 따라 난방에너지 변화가 큰 반면 1차에너지 요구량은 건축물에서 기본적으로 적용되는 난방 및 냉방, 조명, 환기, 온수, 전기사용에 따른 에너지 요구량이 난방 및 냉방을 제외하고 기본적인 사용량이 크게 상이하지 않아 난방에너지 사용량의 변화량 보다 상당히 낮은 변화량을 보였다.

또한 기존 농촌주택 모델의 창호 변경만으로도 열손실의 절감과 기밀성능이 향상되어 전체적으로 약 30% 이상 에너지 절감효과가 있는 것으로 분석되었으며 결과적으로 난방에너지 및 1차에너지 요구량을 절감할 수 있었다.

따라서 기존 농촌주택의 단계적인 에너지 효율을 높이기 위한 방안으로는 기존 창호의 법적 열관류율 및 기밀성능의 향상과 침기율의 제도적 지정, 구조체의 부위별 열적 성능 향상이 절실히 요구된다.

본 연구가 갖는 한계점으로는 모델3의 대조군인 모델2의 기밀성 테스트값을 동모델의 현장실측을 거치지 못한 것과 패시브형 농촌주택의 건축면적이 대조군의 건축면적과 상이한 점이다. 따라서 이후 농촌주택 패시브하우스를 테스트베드로 설치하여 모니터링을 실시하고 이러한 모니터링 자료를 토대로 패시브형 농촌주택의 구현에 관한 연구를 후속연구로 남기고자 한다.

참고문헌

1. 국토해양부, 건축물의 에너지절약 설계기준, 국토해양부고시 제 2010-1031호
2. 송승영 외2, 2010, ISO13790의 Monthly Calculation Method를 이용한 내단열 대비 외단열 공동주택의 열교 제거와 열용량 증가에 의한 난방 및 냉방 에너지 절약효과분석, 대한건축학회논문집, 제 26권 제7호
3. 신우철 외2, 2005, 고기밀, 고단열 주택의 기밀성능에 관한 실험적 연구, 한국태양에너지학회 논문집 Vol 25, No.4
4. 윤종호 외4, 2008 충청지역 단독주택의 기밀성능 실측 연구, 한국태양에너지학회 논문집 Vol.28, No.5
5. 정선미 외2, 2010, PHPP를 이용한 단열공법 및 창호 종류에 따른 건물에너지 성능 비교분석, 생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집 제10권 제2호
6. 하대웅 외2, 2008, 건물외피 창호면적 변화에 따른 에너지 소비량에 관한 연구, 한국산업융용학회 춘계학술대회 논문집,
7. 홍도영, 2009, 에너지 절약형 친환경 건축, 패시브하우스
8. Dr.Wolfgang Feist 외3, 2002, Passivhaus Vorprojektierung Passivhaus 2002 II
9. Dr.Wolfgang Feist, 2007, Passive House Planning Package 2007

※ 이 논문은 2010년 농림수산식품 기술기획 평가원에서 지원하는 과제인 ‘농어촌형 그린홈 표준모델 개발’에 의해 수행되었음.

투고(접수)일자: 2011년 7월 11일

심사일자: 2011년 7월 13일

게재확정일자: 2011년 8월 26일