

패시브 주택과 일반 주택의 기밀성에 관한 비교 실험 연구

Comparative Experimental Study on the Airtightness of
passive house and common house김 주 수*
Kim, Joo-Soo이 태 구**
Lee, Tae-Goo조 경 민***
Cho, Kyung-Min김 주 환****
Kim Ju-Hwan

Abstract

The total annual energy consumption in the domestic is about 216.5Mtoe, and 11th level of world, greenhouse gas displacement is about 476.1Mton, it's 9th level of the world. About 25% of energy use, about 40% of the consumption of resources, about 50% of CO₂ discharge, and about 20~30% of waste discharge are used in the field of Architecture. The low-energy construction needed for the saving of the energy consumption.

The concerned about the passive house increased with the method for the low-energy construction.

The most important factor for passive house is the high airtight, high insulation element. The comparative analysis for the airtightness of the passive house and common house fulfilled to this end.

Consequently, the airtightness of the passive house was better than the common house. Therefore, the passive house was to be needed for an energy-saving.

키워드 : 패시브, 패시브주택, 기밀성, 블로어도어, 저에너지

Keywords : passive, passive house, airtightness, blower door, low-energy

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

오늘날 세계적으로 에너지 절감을 위하여 여러 활동이 이루어지고 있다. 교토의정서 발효 이후 전 세계적으로 온실가스 배출 감소를 위해 다양한 분야에서 노력을 기울여 왔다. 또한 각종 에너지 절감 정책과 프로젝트 등의 활동이 이루어지고 있으며, 이에 따라 에너지 절약을 위한 건축활동이 진행되고 있는 실정이다.

현재 우리나라의 연간 총에너지소비량은 216.5Mtoe로 IEAE 2006을 기준으로 세계 11위에 해당하고 있다. 이 중 건축물에서 사용되는 에너지 소비는 국가 전체 소비량의 25%이며, 자원소비의 40%, CO₂ 배출의 50%, 폐기물 배출의 20~30%를 차지하고 있다.¹⁾ 이러한 건축물의 에너지를 절감하기 위한 저에너지 건축이 활발히 진행되고 있는 실정이다.

저에너지 건축을 위한 기법의 하나로 패시브 건축은 최근 우리나라에서 관심 있게 주목을 받고 있다. 독일의

경우 약 20년 전 패시브 건축에 대한 개념이 나타나게 되었으며, 독일과 오스트리아를 중심으로 널리 확산되었다. 현재 독일에서 신축의 경우 패시브 기준 수준으로 건축되어야 하며, 2013년에는 패시브 기준이 의무화가 되었다. 우리나라의 경우 2017년에는 패시브 기준이 의무화가 될 전망이다.

이에 본 논문은 패시브 건축을 위해 패시브 주택과 일반 주택의 기밀성 실험을 하였다. 패시브 건축에서 중요시 되는 기밀성에 대해서 알아보고, 기밀성을 위한 기법을 알아보고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 패시브 건축에서 기밀성의 중요성을 알아보기 위한 분석을 하는 것이다. 이를 위해 패시브 주택과 일반 주택의 기밀성 실험을 통하여 비교 분석하였다. 이 분석을 위해서는 기밀성 실험을 위한 블로어도어(Blower Door) 테스트기와 열화상카메라를 이용하여 실험하였다.

2. 패시브 주택

2.1 패시브 주택의 정의 및 기준

1) 정의

패시브 주택은 '전통적인 기계 냉·난방 설비가 필요없이 여름철과 겨울철에 쾌적한 실내환경을 제공하는 건물'

* 주 저 자, 세명대학교 건설공학과 석사과정

** 교신저자, 세명대학교 건축공학과 부교수

*** 세명대학교 건설공학과 박사과정

**** 세명대학교 건설공학과 석사과정

본 논문은 농림수산식품기술기획평가원에서 지원하는 과제인 '농어촌형 그린홈 표준모델 개발'에 의해 수행되었음

1) 국가별 에너지 통계 2006 (IEA)

로 정의하며, 자연에너지(Natural Energy)를 적극 활용하여 열에너지의 손실을 최소화함으로써 에너지를 최대한 절약한다는 의미를 갖는다.

2) 기준

1988년 독일 패시브 하우스 연구소는 난방 에너지 15kWh/m².year 미만이며, 냉난방·급탕·전기를 포함한 총 건물에너지 소비량인 1차 에너지 소비는 120kWh/m².year 미만을 필수조건(prerequisite)으로 보고 있다. 패시브 하우스 기준(Passivhaus standard)은 1995년에 최초로 만들어졌으며, 이는 가장 기본적인 기준이 된다. 독일 패시브 하우스에 요구되는 성능 설계 조건은 다음과 같다.

표 1. 독일 패시브 하우스 요구 성능 설계 조건²⁾

설계 조건	요구량
년간 난방 에너지 소비량	≤ 15 kWh/m ² .year
1차 에너지 소비량	≤ 120 kWh/m ² .year
기밀성능 (Air Tightness)	≤ 0.6 h ⁻¹ , 50pa
창문 프레임과 유리의 평균 U-value	≤ 0.8 W/m ² .K
환기시스템 에너지 환기효율 ηHR	≥ 75%

2.2 패시브 주택의 기밀성

패시브 주택의 요소 기술 중의 하나로 기밀성이 중시되고 있다. 기밀성은 건물에서 실내·외로 들어오고 나가는 공기를 막아주는 정도를 말한다.

건물이 기밀하게 시공이 되어 기밀층이 형성되었다면 여름철 실내온도를 유지하며, 실내 외풍을 방지한다. 또한 폐열 회수기를 통한 신선한 공기의 유입과 소음 억제 효과가 있으며, 습기로 인한 균류 발생을 억제하여 건축물을 보호할 수 있다.

건물이 기밀층을 형성하지 못하여 침기가 발생하게 된다면 에너지 측면에서 냉·난방에너지의 소비가 증가하게 되고, 폐열 회수기의 성능을 저하시켜 실내 공기질을 확보하지 못하게 된다. 또한 침기가 발생하여 균류가 발생하게 되고, 겨울철 구조체 내·외부의 결로발생으로 인해 건물 구조체에 직접적인 손상을 주게 된다.



그림 1. 기밀층 형성 시 주의해야 하는 부위³⁾

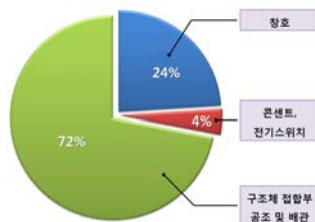


그림 2. 일반주택의 침기 부위별 면적비⁴⁾

그림 1은 기밀층 형성시 주의하여 시공해야 하는 부위를 나타낸 것이며, 그림 2는 일반 주택의 침기 부위별 면적비를 나타낸 것이다.

3. 주택 기밀성 실험

3.1 실험 방법

1) 실험 개요

본 연구에서는 기밀성을 알아보는 침기량 측정을 위한 방법으로 현장 적용이 용이한 Blower Door의 압력 측정법을 이용하였다. 또한 침기를 알아보기 위해 열화상카메라로 촬영하였다. 기밀성 실험을 위한 측정기기로 미국 Energy Conservatory사의 Minneapolis Blower Door 시스템과 열화상 측정기기로 FLIR SYSTEMS사의 P25 모델을 이용하여 촬영하였다.

표 2. 실험을 위한 측정기기

Blower Door	열화상 카메라

2) 실험 방법

Blower Door를 이용한 침기량의 측정은 50Pa을 기준으로 감압법(Depressurization)을 사용하였다. Blower Door의 측정은 50Pa에서 5Pa의 간격으로 실내의 압력을 감소시켜 압력차마다 풍량을 측정하여 추산하는 방법이다. 측정과 동시에 열화상 카메라를 이용하여 구조체의 접합부 및 창틀, 개구부를 촬영하여 온도를 비교하여 보았다.

기밀성 실험 결과와 열화상 카메라 촬영 결과를 바탕으로 패시브 주택과 일반 주택을 비교하였다.

3.2 일반 주택 실험

패시브 주택과 리노베이션 주택의 기밀성 분석을 하기 위해 기존에 진행된 일반 주택과 아파트에서 진행된 사례를 분석하였다.

1) 충청지역의 일부 일반주택

충청남도 금산군 및 대전지역의 단독주택 22세대로 평균 12.5년을 사용한 주택을 대상으로 실시되었다. 대상은 콘크리트 라멘조이며, 창은 PVC 또는 목재+알루미늄 2중창이 적용되었다. 대상의 평균 체적은 147.8m³, 건축면적은 61.3m²로 조사되었다. 이 실험은 5월~10월 기상조건이 양호한 날 실시되었으며, ACH 50을 중심으로 측정되었다. 그 결과 ACH 50은 평균 16.4가 나왔으며, 평균 침기회수(ACH50/20)는 평균 0.82회/시간으로 나타났다.⁵⁾

2) 독일 Passive House Institute (2001)

3) RWE-Bauhandbuch 13.Ausgabe, Germany

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

2) 충남 천안 및 경기 화성의 아파트

충남 천안시 두정동 D아파트의 바닥면적 78.21㎡ 29호와 경기도 화성시 발안 S아파트의 바닥면적 64.42㎡ 27호로 2003년도에 준공된 아파트를 대상으로 측정되었다. 이 실험은 9월~10월 기상조건이 양호한 날 실시되었으며, EqLA(상당누기면적)를 중심으로 측정되었다.

그 결과 D아파트의 경우 총 216㎤이며, 환산하였을 때 2.77㎤/㎡로 나타났다. 또한 S아파트의 경우 총 101㎤이며, 환산하였을 때 1.50㎤/㎡로 나타났다. 환기회수는 D아파트의 경우 약 0.26회/h이며, S아파트의 경우 약 0.15회/h로 나타났다. 환기회수를 바탕으로 ACH 50 값을 추정한 결과, D아파트의 경우 5.2, S아파트의 경우 3.0으로 나타났다. 또한 이를 바탕으로 CFM 50 값은 D아파트의 경우 약 406.7, S아파트의 경우 193.3으로 나타났다.⁶⁾

3.3 패시브 주택 실험

패시브 주택의 대상은 최근 충북 제천시 송학면 도화리에 건축된 K씨 주택으로 개요는 다음과 같다.

표 3. 도화리 패시브 주택 개요

위 치 :	충북 제천시 송학면 도화리 720-11 외 5필지	
대지면적 :	1,192.0㎡	건축면적 : 144.79㎡



배치도



패시브주택 완공 사진

표 4. 패시브 주택의 설치 사진 및 열화상 촬영

블로어도어 설치 사진	창틀 열화상 촬영

도화리 패시브 주택의 기밀성 실험은 주택의 완공 직후 진행되었다. 또한 저녁 무렵인 7시경으로 실외 온도는

- 5) 윤종호 외 4명, 충청지역 단독주택의 기밀성능 실측 연구, 한국태양에너지학회 논문집 Vol.28, No.5, 2008
6) 박원석, 주거용건물의 기밀성능 기준설정을 위한 침기량 실측에 관한 연구, 호서대학교 대학원 석사학위논문, 2003

22℃, 실내 온도는 24℃의 상태였다. 이 주택의 체적은 370㎡, 표면적은 440㎡, 바닥면적은 135㎡이며, 오차는 ±1%로 설정하여 진행하였다.

그 결과 CFM 50⁷⁾은 278이 나왔고, ACH 50⁸⁾은 1.28이 나왔으며, 평균침기회수(ACH50/20)는 0.064회/h로 나타났다. EqLA⁹⁾은 총 206.3㎤로 나타났으며, 환산하였을 때 0.47㎤/㎡로 나타났다.

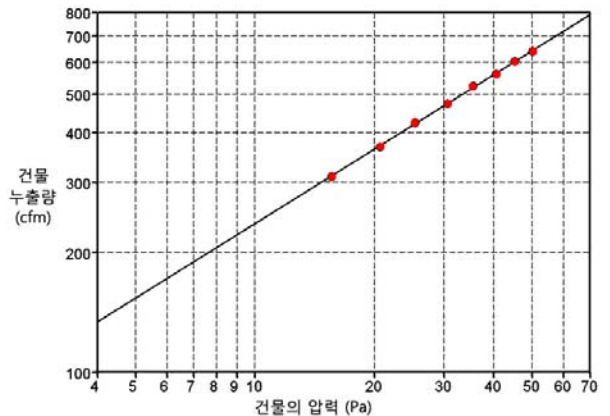


그림 3. 도화리 패시브 주택 기밀성 실험 결과 그래프

3.4 리노베이션 주택 실험

일반 주택의 경우 단독주택으로 국내 표준 주택을 중심으로 대상지를 선정하였다.

1) 제천시 신월동 L씨 주택

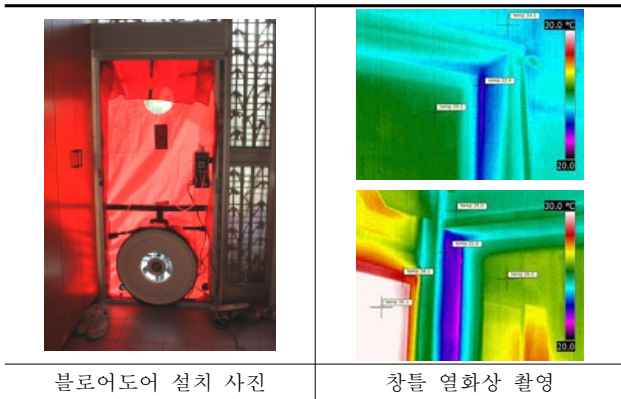
충북 제천시 신월동에 위치하고 있는 L씨 주택은 약 15년 정도의 건물수명을 가진 농가주택으로 최근 시스템 2중창의 설치로 단열성능을 강화하였다.

표 5. 신월동 L씨 주택 개요

위 치 :	충북 제천시 신월동 1056-4번지	
신월동 L씨 주택 전경		창호 공사 전, 후

- 7) Cubic feet per minute : 실내 · 외 압력차를 50Pa로 유지하기 위해 실내에 불어 넣어야할 기류량
8) Air Change per Hour : 건물 외피에 50Pa의 압력이 작용하고 있을 때 실내 공기의 시간 당 환기 횟수를 나타내며, 서로 다른 건물에서 측정된 누기량을 비교할 때 유용한 척도
9) 상당누기면적 : 10Pa에서 발생하는 누기량과 같은 양의 공기가 새는, 얇은 판위의 구멍의 크기

표 6. 일반 주택의 설치 사진 및 열화상 촬영



블로어도어 설치 사진

창틀 열화상 촬영

신월동 L씨 주택은 시스템 2중창으로 교체 후 10월 중순의 오후 3시경에 진행되었다. 실외 온도는 22℃, 실내 온도는 23℃의 상태에서 진행되었다. 이 주택의 체적은 210.5m³, 표면적은 262.5m², 바닥면적은 85m²이며, 오차는 ±5%로 설정하여 진행하였다.

그 결과 CFM 50은 642가 나왔고, ACH 50은 5.18이 나왔으며, 평균침기회수(ACH50/20)는 0.26회/h로 나타났다. EqLA는 총 448.8cm²로 나타났으며, 환산하였을 때 1.71cm²/m²로 나타났다.

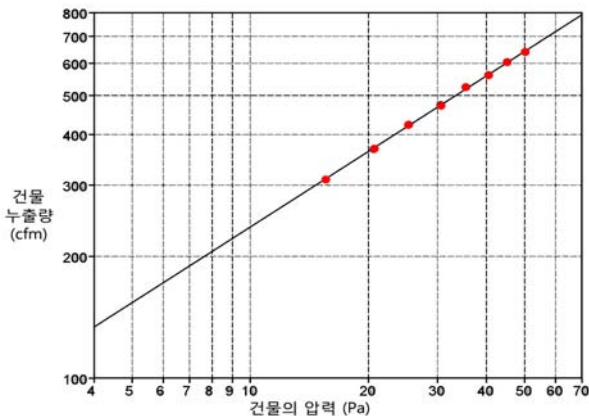


그림 4. 신월동 L씨 주택 기밀성 실험 결과 그래프

3.5 소결

Blower Door 실험을 통하여 패시브 주택, 일반 주택, 창호 공사를 한 일반 주택, 아파트를 대상으로 기밀성능을 비교 분석하였다.

독일 패시브 주택 기준을 목표로 진행된 패시브 주택은 시공상 문제와 측정 시 밀봉의 문제로 인해 ACH 50 값은 그 기준에 충족되지 못하였다. 그러나 국내 일반 주택을 대상으로 실험한 결과와 비교하면 기밀성능을 매우 뛰어난 것으로 분석되었다. 실험 결과 ACH 50 값은 패시브 주택이 1.28, 신월동 주택이 5.18, 충청지역 주택 평균 16.4, 천안 D아파트가 5.2, 화성 S아파트가 3.0으로 나타났다. 대상의 기밀성 실험 결과는 다음과 같다.

표 7. 측정 대상 건물의 기밀성능

	CFM 50	ACH 50	$\frac{ACH 50}{N^*}$	EqLA (cm ² /m ²)
패시브주택	278	1.28	0.064회/h	0.47
신월동주택	642	5.18	0.26회/h	1.71
충청지역 일반주택	-	16.4	0.82회/h	-
아파트	D	406.7	5.2	0.26회/h
	S	193.3	3.0	0.15회/h

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

4. 결 론

주택의 기밀성 측정을 통해 기밀성을 위한 요소를 도출할 수 있었다. 신월동 주택과 충청지역 주택을 비교하였을 때 구조체는 유사하지만 창호의 차이를 알 수 있었다. 고기밀 시스템 2중창을 사용한 신월동 주택은 일반 2중창을 사용한 충청지역 주택보다 더 뛰어난 기밀성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 일반 주택과 아파트를 비교한 결과 외기에 접한 창 면적이 적은 아파트가 기밀성능에서 일반 주택보다 뛰어난 것으로 분석되었다.

본 연구를 통해 주택의 기밀성 확보를 위해서는 우선적으로 고기밀 시스템 창호의 적용이 필요하였다. 또한 구조체의 기밀층 형성을 통해 기밀성능을 확보할 수 있었다. 따라서 건물의 기밀성 확보를 위해서는 구조체와 창호의 고기밀을 확보해야 하는 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 신우철 외 2명, 고기밀, 고단열 주택의 기밀성능에 관한 실험적 연구, 한국개양에너지학회 논문집 Vol 25, No.4, 2005
2. 홍도영, 에너지 절약형 친환경 건축, 패시브하우스, 2009
3. 윤종호 외 4명, 충청지역 단독주택의 기밀성능 실측 연구, 한국태양에너지학회 논문집 Vol.28, No.5, 2008
4. 박원석, 주거용건물의 기밀성능 기준설정을 위한 침기량 실측에 관한 연구, 호서대학교 대학원 석사학위논문, 2003
5. 김영민 외 2명, 패시브 요소기술을 적용한 에너지 절약형 아파트의 냉난방에너지 평가 1, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2010.06