

농촌주택의 단열 향상을 위한 요소와 적용기술 - 선행연구와 현장사례조사를 중심으로 -

권순찬 · 김은자 · 임창수 · 이유경
농촌진흥청 국립농업과학원

Elements and Apply Techniques for Improving the Insulation of Rural Houses

Kwon Soon Chan · Kim Eun Ja · Lim Chang Su · Lee Yoo Kyoung
National Academy of Agricultural Science, RDA

ABSTRACT : Among the factors of living environment, the one that is the most closely related with our living is the building. It is one of the biggest reasons for energy consumption as it forms 36% of the total energy consumption. Technologies equipped with excellent energy performance can hardly be applied to rural areas that are relatively poorer. Still, 89.8% rural residents are living in detached houses, and backward houses increase their financial burden and result in reduced insulation performance. Accordingly, this study is going to review the latest research written after 2000 dealing with rural houses and their insulation. The purpose of this study is to analyze the factors of insulation and how to improve insulation performance, conduct field research to find out how to apply low energy technologies applicable to houses with the subjects of experimental houses, the passive houses located in Jecheon City, Hongcheon Saldun zero energy houses, and energy independence villages, and find out how to perform follow-up research on insulation for rural houses. According to the findings, the latest research on insulation for rural houses is mostly focused on walls as well as windows and doors. Also, as ways to improve insulation performance, it suggests us to use high performance insulators, introduce new regeneration energy technology, and secure hermeticity. In addition, through field research, this author could find out low energy technologies applicable to houses such as solar energy facilities and heat recovery systems. Advanced research on insulation for rural houses has been focused on how to use materials or new regeneration energy, so follow-up research will have to consider the types of farming area or the residents' mode of living.

Key words : Rural Village, Rural House, Insulation, Renewable Energy Technology

I. 서 론

1. 연구 배경 및 목적

1970년대 새마을운동을 시점으로 시작된 농촌지역개발사업은 2000년대 이르러 급격한 산업화와 도시화로 인해 도농격차를 더욱 심하게 만들었다.(이해욱, 2009) 이러한 격차를 줄이기 위한 방법으로 정부에서는 농촌마

을의 생활환경 정비를 위한 마을종합개발사업을 추진하였다. 그러나 사업에서 진행된 내용들이 소득원개발 70%, 문화체육복지 14%, 기초생활인프라 9%, 경관개선 7%으로 주거환경 개선보다 마을 단위 공동시설 설치나 소득사업에 역점을 두는 경우가 다수로 나타나고 있다.(김광선 등, 2011)

현재 농촌은 인구의 고령화 심화와 귀농·귀촌인 증대, 농촌정주생활권의 기능 강화 등에 대한 농촌 사회 변화에 따라, 안전하고 친환경적인 농촌지역 거주환경 개선에 대한 범국민적 요구가 확대되고 있는 실정이다. 국토연구원의 거주환경 만족도를 보면 도시민 56.2%, 농업인

Corresponding author : Kwon Soon Chan
Tel : 063-238-2623
E-mail : ldr333@korea.kr

36.8%로 거주개선의 요구가 증대되고 있다. 특히 농식품 부에서는 「농어촌마을 주거환경 개선 및 리모델링 촉진을 위한 특별법」 제정 등과 같이 농어촌 정주여건 개선을 위한 활발한 움직임을 보이면서 보다 지역 특성에 맞는 통합적인 농촌마을 거주환경 개선 기술에 대한 필요성이 대두되고 있다.

거주환경 중에서도 우리의 생활과 밀접한 관계를 가지고 있는 건축물은 전체 에너지 소비량의 36%를 차지할 정도로 에너지 소비량이 많은 원인으로, 탄소저감 운동의 주요한 목표가 되고 있다. 그러나 우수한 에너지 성능을 가지는 기술들은 높은 투자비용으로 경제성이 미흡하여 상대적으로 경제력이 열악한 농촌지역의 적용이 힘든 실정이다. 아직도 농촌주민의 89.8%는 단독주택에 거주하고 있고, 주택 노후 정도는 지어진 지 11년 이상 되는 주택이 80.3%로 평균 27.9년이나 되어 노후된 주택으로 인한 단열성능 저하와 경제적 부담이 증가하고 있다.(농촌생활지표조사, 2012) 또한 농어촌 서비스 기준 중요도 평가에서도 주택의 질, 난방비가 가장 높게 나타나고 있으며, 이러한 현황을 보았을 때 농촌마을 거주환경 개선에서도 농촌주택의 단열기술에 대한 연구가 필요하다.

최근 농촌주택의 단열에 대한 연구는 리모델링 및 노후화 진단, 공간구조 개선이나 고성능 단열재, 시공법을 이용한 고기밀의 단열성능 향상에 대한 연구가 주를 이루고 있으며 농촌의 환경이나 거주자 특히 단열과 밀접한 관계를 가지는 환기와 습도에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 2000년 이후 농촌주택과 단열에 관련된 최근 연구를 대상으로 각 연구에서 단열을 분석한 항목을 통하여 단열 향상을 위한 요소를 알아보고 제천시 실험주택과 홍천 살둔제로에너지하우스, 에너지자립마을을 대상으로 현장조사를 실시하여 단열을 위해 주택에 사용 될 수 있는 저에너지 기술의 현황을 목적으로 한다.

2. 연구범위 및 방법

가. 연구범위

본 연구의 대상은 농촌주택의 단열에 대해서 연구된 논문으로 최근 동향을 알아보기 위하여 2000년 이후 게재된 논문으로 하고 논문제목과 주제어를 기준으로 농촌주택 단열에 대한 선행연구의 범위를 두었다. 농촌과 단열을 주제로 탐색한 결과 학위논문 8건, 학술논문 8건으로 총 16건이 검색되었고 주택과 단열, 성능을 주제로

로 탐색한 결과 학위논문 97건, 학술논문 174건으로 총 271건이 게재되었다. 이중에서 농촌의 단열성능과 관련된 논문은 농촌과 단열의 주제어 논문에서 6건, 주택과 단열, 성능 주제어 논문에서 19건으로 총 25건의 논문을 대상으로 분석을 진행하였다.

Table 1. Research Actual Condition of Rural houses Insulation (Since 2000)

Classification	Thesis	Dissertation	Total
Research found rural & insulation	8	8	16
Research found house&insulation&Performance	97	174	271
Total	105	182	287

현장조사는 제천 신월동 패시브하우스와 강원도 홍천 살둔제로하우스, 에너지자립마을인 임실 중금마을과 부안 등용마을을 대상으로 하였다.

나. 연구방법

농촌, 단열, 성능의 주제로 탐색된 25건의 논문을 대상으로 선행연구에서 단열을 분석하기 위한 분석항목을 추출하여 단열분석항목을 살펴보고 연구에서 제시한 단열성능을 향상시키기 위한 방법을 분석하여 단열분석항목과 단열성능향상에 대한 최근 동향에 대해 분석하였다. 현장조사는 건축물 현황 및 구조, 단열재료, 단열시설 설치, 현장사진 등 단열을 위해 사용되고 있는 재료와 적용 기술들에 대해 조사하였다.

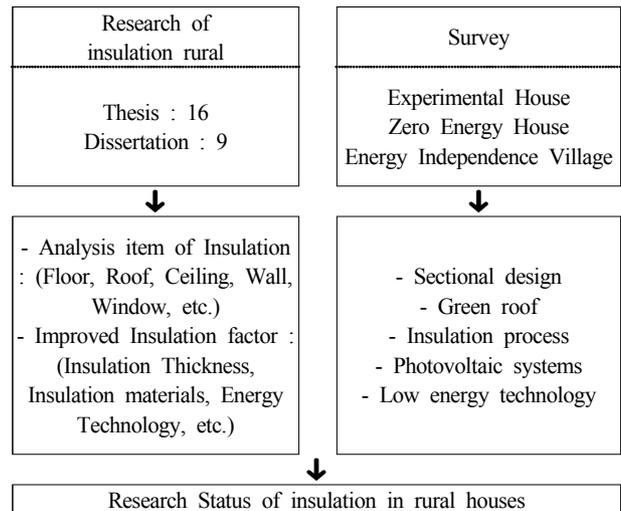


Figure 1. process of research

II. 선행연구 고찰

최근 2000년 이후 게재 된 선행연구 25건의 논문에 대하여 단열분석항목과 단열향상요인에 대해 분석을 진행하였다. 대부분의 연구가 건축물의 에너지 저감 기술 적용과 측정을 통한 단열 성능 평가위주로 진행되었다.

1. 단열분석항목

선행연구 25건의 논문 중 23건의 논문에서 바닥, 지붕, 천장, 벽체, 창호, 현관, 발코니, 우각부 등을 단열을 분석 및 측정하는 항목으로 사용하고 있었고 시기별로 보면 벽체는 계속 분석항목으로 사용되었고 최근 들어 창호 항목이 증가하는 것으로 보인다. 단열분석항목 중 벽체 18건과 창호 9건으로 가장 많이 나타났으며 그 내용을 보면 다음과 같다.

벽체를 분석항목으로 사용한 논문으로 박민주(2015)는 국내 건물의 외피 유형을 대상으로 열교가 실제 단열 성능에 미치는 영향을 평가하여 단열성능 평가 규정을 개

선하였으며 내단열의 벽-슬래브, 벽-벽의단열재 불연속부위와 외단열의 조립시공으로 인한 조인트, 고정철물 부위의 열교부위 측정 및 분석하였다. 최두성의 2인(2014)은 다수의 공동주택을 대상으로 준공연도에 따른 단열성능의 변화를 평가하여 에너지소비 특성에 대한 분석하였고 외벽표면의 온도차 비율을 측정하여 단열성능을 평가하였다. 박정훈(2014)은 단열 성능 저하 및 보수보강에 필요한 기초자료를 위해 열화상카메라를 이용하여 외벽의 온도분포 및 변화를 측정 분석하여 단열성능평가하고, 외측벽에 단열보강을 실시하여 비교분석하였다. 박재상(2012)은 기존 농촌주택 실측을 통한 열환경실태분석을 통해 농촌주택의 문제점 및 대안을 제시하였고 적외선 카메라를 이용한 벽체온도를 측정하여 TDRi분석을 하였다. 김은진의 2인(2012)은 경제성 확보를 위해 농촌 지역에서 쉽게 공급되는 지역재료를 단열재로 활용함으로써 기존 단열재와 같은 성능을 구현할 수 있는지 성능을 검증하였고 벽체에 사용하는 단열재료로 왕겨를 활용하여 그 성능분석을 하였다. 심훈(2012)은 진공단열패널을 건물에 좀 더 효과적으로 적용하기 위한 연구로 외단

Table 2. Analysis Sector of insulation

Year	Author	Analysis Sector of insulation								
		Floor	Roof	Ceiling	Wall	Window	Porch	Balcony	Corner	Insulation Materials
2015	Lee Do hyung									●
2015	Park Min Ju				●					
2015	Kim Jung Hwa				●	●				
2014	Bae Woong kyoo				●	●	●		●	
2014	Yi Cheng Ri	●	●	●	●	●				
2014	Choi Doo Sung				●					
2014	Park Jung Hun			●	●					
2013	Ryu Yeon Su	●	●		●	●				●
2013	Song Eun Kyoung				●	●				●
2012	Park Jae Sang				●					
2012	Kim Eun Jin				●					●
2012	Roh Eun Ah				●	●				
2012	Lee Hyeon ju									●
2012	Sim Hoon				●					
2011	Lee Ga Young					●				●
2011	Kim Yeon Hee				●					
2010	Yun Jung Sook	●	●	●						
2010	Choi Gyeong Seok							●	●	
2010	Kim Min kyeong				●	●				
2010	Choi Gyeong Seok				●					
2009	Choi Bo Hye			●	●					
2009	Park Ju Yang	●	●		●	●				
2004	Cho Kyung min				●					
Total		4	4	4	18	9	1	1	2	6

열 재료로 진공단열패널을 사용하여 결합방식에 따른 단열평가를 하였다. 김연희(2011)는 국내 규정과 공동주택 여건을 반영한 효과적 설계안 도출과 외단열 공동주택 보급 활성화에 대한 연구를 진행하면서 벽체의 외단열과 내단열을 비교 분석하였다. 최경석(2010)은 건축물 시공 후, 사용 단계에서 건물 외피의 적정 단열시공 여부와 성능을 진단·평가할 수 있는 적외선 열화상 카메라를 이용한 정량적인 건축물 현장 단열성능을 평가하였으며 벽체와 평면, 벽체 2면, 벽체 3면을 대상으로 적외선 카메라를 이용하여 분석하였다. 조정민(2004)은 단열취약부위에 대해 분석하고, 기존 단열재의 위치에 따른 열관류율 및 단열구조를 분석하여 국내 주거건물에서의 에너지를 절약할 수 있는 방안 및 요소 제시하였고 벽체의 외단열, 중단열, 내단열을 비교 분석하였다.

창호를 분석항목으로 하는 논문들은 벽체도 분석항목으로 같이 사용하고 있었다. 내용은 다음과 같다.

김정화(2015)는 에너지성능 지표를 설정하기 위해 저소득층 단독주택 표준모델을 개발을 하고, 에너지효율 향상과 공사비용을 고려한 최적의 리모델링 기준을 제시하였고 벽체 단열을 탄산칼슘계와 열반사단열재로 교체하면서 창호도 로이복측창과 로이사중창으로 교체하면서 에너지 소요 변화를 분석하였다. 배용규외 3인(2014)는 현재 일반 및 경량목구조 농촌주택의 단열성능을 실제 농촌주택을 대상으로 심층분석 및 실증하였고 두 구조의 주택의 구조별 열성능을 측정하기 위해 벽체, 창호, 현관 우각부를 대상으로 비교 분석하여 개선방향을 제시하였다. 윤성일(2014)은 실내환경 조절이 우수한 천연소재 왕겨솜을 내부단열재로, 시공성, 경제성이 우수한 유리면 단열재를 외기단열재로 하여 비교 실험을 하였고 벽체부터 바닥, 천장, 지붕까지 고려하여 친환경 주택기준에 적합한, 그리고 보급에 적용할 수 있는 복합단열재의 가능성을 제시하였다. 류연수의 4인(2013)은 동절기 주 사용 공간인 안방의 내부 벽과 천장단열 개선, 창호교체 등 단위공간만 개선하는 내부단열공법 후 실내외 온도, 습도에 대하여 동절기 난방기간 동안 모니터링하고 에너지 성능을 비교하였다. 송은경(2013)은 한옥현대화를 위해 앞으로의 주거에서 필히 고려되어야 할 친환경, 에너지 절약 기술 등을 효율적으로 적용 할 수 있는 방법을 찾고자 하였고 창호지, 유리를 이용한 집열, 기동 등을 이용한 축열, 열조절을 위한 장치 등을 분석요소로 하였다. 노은아(2012)는 창호 및 외벽의 단열성능, 창면적비를 평가항목으로 설정하고 동적 열부하 시뮬레이션 분석을 통해 외피의 단열 성능별 창면적비에 따른 에너지성능에 대해 분석하였다. 강민경외 1인(2010)은 단독주택의 성능 개선에 관한 정책과 가이드라인을 마련하는 데에 근거를

제공하기 위해 성능개선 시 우선적으로 적용되어야 할 요소기술을 선정하고, 각 요소기술의 효과를 평가하였고 건축물, 건축설비, 대지로 분류하여 분석항목을 나누고 설문조사를 진행하였다.

박주양(2009)은 단위 건물에너지 절감 요소기술 융복합에 의한 모듈화 방안을 제시하고 표준건물을 대상으로 에너지 시뮬레이션을 이용하여 모듈화기술 적용에 따른 에너지절감 가능성을 검토하였고 건축계획, 공조/반송설비, 열원/열회수설비, 조명설비, 운전 및 제어설비로 분야를 나누어 분석항목 설정하였다. 그 외 이도형(2015), 이현주의 3인(2012), 윤정숙외 1인(2010), 최경석외 1인(2010)의 연구에서 바닥, 지붕, 천장, 단열재료를 분석항목으로 사용하고 있다.

2. 단열성능향상 요인 분석

선행연구 25건의 논문 중 21건의 논문에서 단열재료 두께증가, 단열재료 성능향상, 에너지기술도입, 기밀성, 공법, 창면적비, 열교부위의 보강 등을 단열분석 후 성능을 향상 시킬 수 있는 방법과 요인으로 제시하고 있다. 시기별로 보면 시간이 지나면서 신소재, 친환경 소재의 개발로 고성능의 단열재가 개발되면서 단열재료의 성능향상은 지속적으로 단열향상요인으로 제시 될 것으로 보이고 단열재료의 두께 조절은 최근으로 올수록 줄어들고 있으며 에너지기술의 도입과 기밀성의 중요성이 나타나고 있다. 대부분의 선행연구에서 고성능의 단열 재료를 사용하는 단열재료 성능향상 요인을 들고 있고 고단열재의 사용부위로는 벽체, 창호, 지붕, 반자, 바닥 등이 해당된다. 그러나 농촌주택의 단열성능 향상에 있어 고성능의 단열재료의 사용은 경제적인 측면에서 어느 정도 한계가 있다.

단열재료 특히 벽체 단열 재료의 두께 증가와 신재생 에너지의 기술을 도입하는 것으로 성능향상을 높이는 방법, 공법과 기밀성, 건물에서 차지하는 창면적비, 바닥과 벽체, 벽체와 지붕 등 맞닿은 우각부에서 발생하는 열교부위를 보강하는 방법, 현 단열 성능의 규정에 대한 보완이 단열성능향상의 방법으로 선행연구에서 제시되고 있다.

단열재료의 성능향상 즉 고성능의 단열재를 제시한 연구로 이도형(2015)은 발열유리 창호의 결로방지 성능에 대한 국내기준에 따른 입증과 효율 측면에서의 최적 구성의 발열유리 창호를 검토하여 발열유리의 구성으로 PVC와 알루미늄을 조합한 프레임과 진공 삼중유리 시스템을 제시하고 있고 김정화(2015)는 내부의 4방향을 열 반사 단열재로 시공하는 것이 순투자회수로 보았을 때

가장 경제성이 높다고 말하고 있다. 윤성일(2014)과 김은진(2012)은 일반 유리면단열재보다 실내 온도, 습도 조절에 유리하고 농촌에서 쉽게 구할 수 있는 왕겨솥과 유리면 단열재의 복합재 사용을 제시하였다. 이현주의 3인(2012)은 구조단열패널을 저에너지주택에 적용하기 위한 내화성능과 단열성능을 평가하여 구조단열패널에 eps와 네오폴의 적용, 심훈(2012)은 진공단열재를 조이너방식 결합으로 하여 난방부하 감소, 강민경외 1인(2010)은 건물성능개선의 우선요소로 벽체단열강화 제시, 이가영(2011)은 단열 15cmDP 아르곤+로이유리가 가장 경제적인 방법으로 제안하였다.

류연수의 4인(2013)은 천정에 T4열반사단열재, 벽체에 T85비드법 보온판 단열재를 부착하고 창호는 T24 복층 유리 2중창으로 교체 및 창호주변 기밀테이핑 시공으로 단열재료의 성능향상과 기밀성을 강조하였고 노은아(2012)는 난방과 냉방의 증감효과를 위한 창호와 외벽의 단열성과 창면적비의 조합 제시, 김연희(2011)는 지면, 창턱, 창호, 발코니 등 각 부위별 설계 대안을 설정 제시하였다.

에너지기술의 도입을 제시한 연구로 이은님(2013)은 에너지 절감을 위해 고효율 설비 기술, 녹색IT기술, 저에너지 건물 조성 기술, 외부환경 조성기술, 신재생에너지 이용 기술의 순으로 적용하는 것이 효율적인 방법으로 제시하였고 오호영(2013)은 노후 공동주택의 성능개선을 위한 계획 요소 제안과 활용방안으로 주민의 편의성제공, 일조권확보, 가벽활용 공간, 태양열 도입을 제시, 송은경(2013)은 한옥현대화를 위해 앞으로의 주거에서 필히 고려되어야 할 친환경, 에너지 절약 기술 등을 효율적으로 적용하는 방안으로 틈마루 공간막을 이용한 집열 및 축열과 중정의 천장을 이용한 열획득을 제안하였다.

단열성능 기준의 보완으로 배웅규외3인(2014)는 우각부와 결합부위의 단열계획 미흡으로 기밀성이 저하되어 단열성능의 저하되므로 기밀성과 공법에 대한 중요성을 반영하여 건축물 에너지 절약설계 기준의 보완이 필요할 것으로 제안하였다.

단열재 두께의 증가를 다룬 연구로 박정훈(2014)은 열교와 에너지 손실을 줄이는 방법으로 외단열의 두께와 보강방법을 제안하였고 윤정숙외 1인(2010)은 농촌주택

Table 3. The Affecting Factors for Improvement of Insulation

Year	Author	The Affecting Factors for Improvement of Insulation						
		Insulation Thickness	Improved Insulation materials	Energy Technology	airtightness	Method	Window area ratio	Reinforced area of thermal bridges
2015	Lee Do hyung		●					
2015	Kim Jung Hwa		●					
2014	Bae Woong kyoo				●	●		
2014	Yi Cheng Ri		●					
2014	Park Jung Hun	●						
2013	Lee Eun Nim			●				
2013	Ryu Yeon Su		●		●			
2013	Oh Ho Young			●				
2013	Song Eun Kyoung			●				
2012	Kim Eun Jin		●					
2012	Roh Eun Ah		●				●	
2012	Lee Hyeon ju		●					
2012	Sim Hoon		●					
2011	Lee Ga Young	●	●					
2011	Kim Yeon Hee	●	●	●	●	●	●	●
2010	Yun Jung Sook	●						
2010	Choi Gyeong Seok							●
2010	Kim Min kyeong		●					
2009	Choi Bo Hye	●						
2009	Park Ju Yang			●				
2004	Cho Kyung min		●	●				
	Total	5	12	6	3	2	2	2

에 현재 시공되어 있는 외벽단열구조체인 조적조, PLAC 조, SRC조, ST'L조의 유형별로 개선안을 도출하였고 최보혜(2009)는 외벽-슬라브의 전측후면의 외단열시스템 적용으로 안을 제시하였다.

선행연구에서 벽체와 창호를 주택의 단열을 분석하는 항목으로 많이 사용하고 있고 벽체는 열화상카메라를 이용한 온도변화를 통한 분석이 많았으며 다양한 성능의 단열재 교체로 단열 분석이 진행되어 왔다. 창호는 주택에서의 창면적비의 변화에 따른 단열분석이 많았다. 이러한 분석을 토대로 단열성능을 향상시키는 요인으로는 진공단열재, 발열유리 등 고성능의 단열재료 사용과 고효율 설비기술, 신재생에너지 등의 에너지기술의 도입이 가장 많았다.

이와 같이 선행연구에서는 벽체를 위주로 단열 분석 항목으로 삼고 있고 향상요인으로 사용되는 단열재의 성능 증가에 대한 연구가 진행되고 있다. 농촌주택의 단열을 개선하기 위해서는 벽체를 대상으로 단열재료의 성능 향상에 중점을 두는 것이 필요할 것으로 보인다.

III. 현장 사례조사

현장사례조사는 2015년 4월부터 5월까지 진행하였고 조사지역은 충청북도 제천시 신월동, 강원도 홍천군 내면 울전리, 전라북도 임실군 임실을 금성리 중금마을, 전라북도 부안군 하서면 석장리 등용마을 등 4개소이다. 조사내용으로는 건축물 현황 및 구조, 단열재료, 단열시 설물 설치 현황, 현장사진 등 단열을 위해 사용되고 있는 적용 기술들과 재료에 대해 조사하였다.

1. 충북 제천시 신월동 실험주택



Figure 2. Experimental House views

충북 제천시 신월동 산 21-1번지에 위치한 실험주택의 건축물 현황은 대지면적 988㎡, 건축면적 84.12㎡, 다락면적 39.08㎡로 약 25평의 단층 건물이다.(이태구와 윤두영, 2013) 평면은 방 3개, 거실, 주방, 현관,

화장실, 다용도실, 보일러실 그리고 다락 2개로 구성되어 있다. 지붕은 경량목구조로 맞배지붕의 형태이고 지붕 남쪽면의 절반은 태양광장치가 설치되어 있으며 나머지 부분은 지붕녹화가 되어 있다. 지붕내부는 좌우에 다락

방이 있고 중앙 거실부분은 지붕까지 오픈되어 있어 층고가 높다. 높은 층고로 인해 낮에 복사열을 효과적으로 흡수하며 보온효과가 있어 난방에 도움이 되고 전등을 켜지 않아도 될 정도로 태양빛이 깊숙이 들어온다. 벽체는 콘크리트구조로 외부로 18cm 두께로 네오폴 재질의 단열재를 사용했고 모노쿠쉬로 마감했으며 내부 마감은 흙과 석회모르타르, 페인트를 사용했다. 창호는 모두 3중 유리 창호를 사용했고 열교가 많이 일어나는 창호를 최소화했다. 가장 큰 창호가 있는 거실은 여름에 내부 온도 상승을 막기 위해 전동식 루버를 설치하여 직사광선을 차단한다.

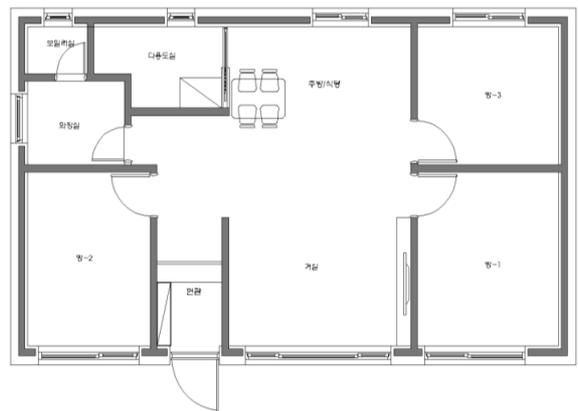


Figure 3. Floor plan of Experimental House
출처 : 이태구, 농어촌 그린홈 표준모델개발 발표자료

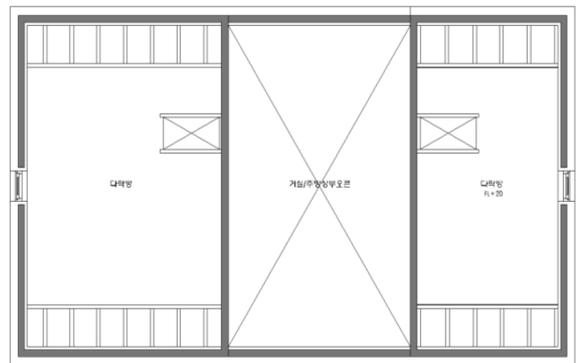


Figure 4. Attic floor plan of Experimental House
출처 : 이태구, 농어촌 그린홈 표준모델개발 발표자료

현장조사 결과 실험주택에서는 기존 농촌주택의 단열 문제에 대한 보완이 이루어진 것으로 보이나 현재 농촌에 일반적으로 보급된 표준주택은 과거의 도면으로 지어진 것이 많고 그 당시의 단열기준은 현재보다 미흡했기

때문에 보급된 표준주택도면에서는 열교를 방지하기 위한 외부와 끊어주는 단열도면의 디테일이 부족한 것으로 판단된다. 지붕녹화는 농촌의 경관을 생각한 방법으로 녹화설치 식생에 대해서는 주변의 자연과 어우러질 수 있는 방안 필요 할 것이다. 보통 주택지붕에 설치되는 태양광에너지는 설치 거치대로 인해 지붕 위로 튀어나와 점차 경관저해 요인으로 비추어지고 있으나, 실험주택에서는 지붕 시공을 할 때 태양광판을 부착함으로써 자연스러운 경관을 나타내고 있다. 실험주택에 사용된 단열 성능개선 기술로는 거실의 높은 층고를 둔 단면설계, 벽체 내부 단열재로 네오폴 단열재의 사용과 태양광설치, 옥상녹화, 차광루버 설치가 있다.



Figure 5. Neo-Paul Insulation



Figure 6. Exterior wall

출처 : 이태구, 농어촌 그린홈 표준모델개발 발표자료

2. 강원도 홍천군 살둔제로에너지하우스



Figure 7. Saldun Zero Energy House

강원도 홍천군 내면 울전리 191-1번지에 위치한 살둔제로에너지하우스의 건축현황은 건축면적 157.92㎡, 층고 4.8m로 약 47평에 서남향으로 긴 형태의 단층건물이다. 평면은 방2개, 거실주방/식당, 현관, 화장실2개,

다용도실로 구성되어 있다. 지붕은 맞배지붕으로 방과 거실, 주방의 영역에 지붕이 나누어져 있다. 구조는 Timber Frame House+SIP로 벽체 및 단열을 해결했다. SIP는 단열과 구조체의 역할을 동시에 할 수 있는 구조 단열패널로 SIP공법은 높은 단열성과 동일한 단열을 전 부분에서 유지 가능하며 높은 기밀성, 높은 구조적 장점(경량목구조 대비 7배 이상)을 가지고 있고 처마시공 용이하며 고기밀로 곰팡이와 결로 예방 할 수 있다. 미국의 경우 SIP주택이 LEED(친환경건축평가기준)에서 높은 점수를 받고 있다. 내부벽체는 20mm Air-Space+석고보드 2장 후 페인트 사용했고, 칸막이는 진흙벽돌, 외벽은 스

티로폼 50mm에 드라이비트로 마감했다. 지붕은 OSB+방수시트+아스팔트 싱글로 마감했고 바닥은 150mm 압축스티로폼+시멘트 모르타르+현무암(20mm)마감했다. 창호는 모두 시스템창호를 사용했으며, 창문면적은 바닥대비 남쪽 14%, 동쪽 2%이하, 서쪽 5%, 북쪽 2%로 설계됐다.

현장조사결과 건축물에 고가의 단열재의 사용보다는 시공에서 고기밀의 시공을 가능하도록 하는 것이 보다 효율적으로 보이고 SIP공법과 같은 모듈화된 단열공법의 개발이 필요한 것으로 판단된다. 또한 타일과 같은 재료 사용에 있어서 축열기능을 이용한 에너지 순환도 고려해야 할 사항이다. 살둔제로에너지하우스에서 사용된 단열 성능개선 기술로는 SIP공법을 이용한 기밀 단열, 건물의 향에 따른 창면적 조절, 쿨튜브를 이용한 지열 사용, 열회수환기장치, 태양열시스템, 축열재 사용이 있다.

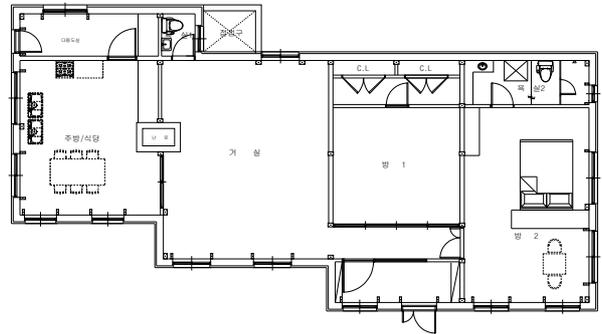


Figure 8. Floor plan of Saldun Zero Energy House

출처 : 살둔제로에너지하우스 홈페이지 (<http://www.zeroenergyhouse.kr/>)

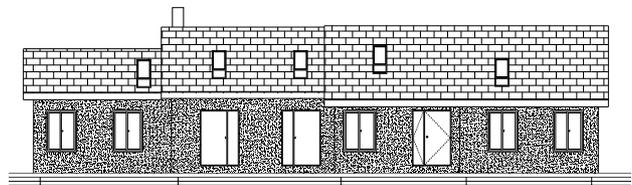


Figure 9. Front View of Saldun Zero Energy House

출처 : 살둔제로에너지하우스 홈페이지 (<http://www.zeroenergyhouse.kr/>)



Figure 10. SIP Method



Figure 11. Solar Facility

3. 에너지자립마을

에너지 자립마을인 전북 임실군 중금마을과 전북 부안군 등용마을은 30여 가구가 거주하는 마을이다. 중금마을은 2006년 에너지 자립마을로 민간단위로 시작되었고 2009년에 에너지홈 닥터 단열 시공 시범마을로 선정되었고 등용마을은 2005년 민간사업으로 부안시민발전소를 시작하여 마을에서의 생산전력으로 지열시스템, 태양열 집열기, 풍력발전기, 자전거 발전기 등이 추가적으로 설치되어 있다. 두 마을은 정부 시범사업으로 마을내 주택의 보수 이력이 있었다.

인터뷰 조사 결과 리모델링 차원의 주택 단열 보수는 주택 전체를 하는 것보다는 거주자가 자주 사용하는 공간만이라도 했을 때 단열 효과가 높으며 거주자의 만족도가 높고 마을에 적용된 여러 가지 기술들을 보았을 때 태양열은 온수사용에는 문제가 없지만 난방부분에서 실내가 16도에서 18도로 한계가 있으므로 보조열원 필요하다는 것을 알 수 있었다.



Figure 12. Jung-Geum village



Figure 13. Deung-Yong village



Figure 14. Solar Facility



Figure 15. Parrot Wood Boiler

제천시 실험주택은 복사열의 보온효과를 위한 단면계획이나 네오폴 단열재사용, 태양광, 옥상녹화를 단열을 위한 적용기술로 찾을 수 있고 살둔제로에너지하우스는 열회수장치, 열투브, 태양광, 태양열 시스템 등 설비를 이용한 단열기술을 볼 수 있다. 에너지자립마을인 임실중금마을과 부안 등용마을에서는 태양광과 태양열을 설치 이후 현황과 주택의 주공간의 단열이 거주자의 만족도가 높다는 것을 알 수 있다.

현장사례조사에서는 태양광, 태양열 등 주로 태양에너지를 이용한 기술을 적용하고 있었고 집열판의 설치가 농촌경관을 저해할 수 있는 요인이 될 수 있으나 몇몇

사례에서 지붕면에 붙여서 설치하는 등 경관을 위한 노력을 볼 수 있다.

III. 결 론

본 연구는 최근 농촌주택 단열에 대한 연구를 대상으로 단열을 분석하는 항목들과 단열성능을 향상시키는 요인을 분석하고 단열 기술들의 적용 사례를 통하여 현재 농촌주택에 적용하고 있는 단열 기술현황을 알아보고자 하였다.

선행연구 분석결과 단열분석 항목으로는 바닥, 지붕, 천장, 벽체, 창호, 현관, 발코니, 우각부 등이 있으며 벽체는 지속적인 분석항목으로 사용되었고 최근 들어 창호에 관한 연구가 증가하는 것으로 보인다.

단열성능향상요인으로는 단열재료 두께증가, 단열재료 성능향상, 에너지기술도입, 기밀성, 공법, 창면적비, 열교부위의 보강 등이 있으며 고성능의 단열재 개발로 이를 이용한 단열 방법이 제시되고 있다. 또한 기존 단열 재료의 두께 조절과 기밀성 확보, 에너지기술의 도입 방법이 나타나고 있다.

현장조사 사례에서 사용한 단열 요소는 주로 벽체의 두께나 단열 재료를 변화하거나 지붕의 활용, 평면의 단열계획을 볼 수 있다. 단열향상 요인으로 제천시 실험주택의 경우 벽체에 네오폴 또는 셀룰로스를 이용한 단열재를 사용했고, 살둔제로에너지하우스는 SIP공법을 이용한 기밀시공과 내부 축열재를 사용했으며 공통적으로 태양광시설이나 열회수장치 등 저에너지기술을 하나 또는 그 이상 장치들을 설치하고 있다.

선행연구에서는 벽체를 위주로 단열 분석항목으로 삼고 있고 단열향상요인으로 단열재의 성능 증가와 에너지기술의 도입에 대한 연구가 진행되고 있다. 농촌주택에 적용하기 위해서는 벽체에 사용되는 단열재료의 성능 향상에 중점을 두면서도 신소재의 단열재료 보다는 농촌환경과 경제성을 고려한 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 현장사례조사에서는 태양광, 태양열 등 주로 태양에너지를 이용한 기술과 열을 저장했다가 발산하는 축열재를 사용한 사례를 볼 수 있었다. 태양광 기술이 농촌마을에 많이 보급되어 있는 만큼 다른 저에너지기술보다는 태양광 적용이 거부감 없이 가능할 것으로 보이며 농촌주택에 가장 많이 보급, 설치되어 있는 태양광시설의 활용에 중점을 둔 연구가 필요할 것이다.

이와 같이 단열에 대한 연구는 많이 진행되고 있지만 대부분 재료에 대한 실험, 측정에 대한 연구들이며 농촌주택에 대한 단열 연구는 미흡한 실정이다. 현재 제안되

고 있는 단열방법들은 대부분 고성능의 단열재료나 설비를 사용하는 방법으로 농촌주택에서 사용에는 한계가 있다. 추후 연구에서는 이러한 현황을 바탕으로 농촌의 유형이나 농촌 거주자의 생활패턴 등 농촌특성의 고려와 더불어 거주공간의 환기와 습도문제까지 고려한 단열연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 2015년도 농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연수과정지원사업(PJ01098802)의 지원에 의해 이루어진 것임

References

1. Bae, Woong Kyoo, Yong woo Yun, Dong seop Jeong, Owen Kim, 2014, A study on the thermal insulation performance through the analysis in the Lightweight wooden structure of rural areas, Korea Planning Association, 49(7), p135-p150.
2. Choi, Bo Hye, 2009, Energy Performance Evaluation of External Insulation and Finish System for Apartment Building, Ewha Womans University.
3. Choi, Doo Sung, Myung Eun Lee, Hung Chan Chun, 2014, Energy Consumption Characteristics and Evaluation of Thermal Insulation Performance in Accordance with Built Year of Apartment Complex, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 14(3), p79-p86.
4. Choi, Gyeong Seok, 2010, On-site Evaluation for Thermal Performance of Building Envelopes using an Infrared Method, Hanyang University.
5. Choi, Gyeong Seok, Jang Yeul Sohn, 2010, Thermal Performance Evaluation of Apartment Housing Using Infrared Camera, The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 22(6), p404-p412.
6. Cho, Kyung Min, 2004, A Study on the Design Criteria and Insulation Construction for the Low Energy Housing Design, Semyung University.
7. Kim, Eun jin, 2012, An Experimental Study on the Thermal Environmental of Rural Green Home Insulated Rice Hulls, Ajou University.
8. Kim, Jung Wha, 2015, Heating Energy Baseline and Saving Model Development of Detached Houses for Low-income Households, University of Since & Technology.
9. Kim, Kwang Sun, Jung Sub Kim, Joo In Sung 2011, Corresponding Policy Directions and Challenges in the Changing Conditions of Rural, Korea Rural Economic Institute.
10. Kim, Min Kyeong, Seong Eun Kim 2010, Technical Factors on Energy Performance Improvement and the Effects for the Existing Detached House, The Seoul Institute, 11(3), p29-p47.
11. Kim, Min Kyu, 2014, A Study on Building Energy Rating System According to Insulation Performance of Building Envelop in Regional and Building Form of Apartment House.
12. Kim, Yoen Hee, 2011, Development of Design Details and Energy Performance Analysis for Energy-Efficient externally-insulated Apartment Buildings, Ewha Womans University.
13. Lee, Do Hyung, 2015, A Study on the Energy Consumption and Thermal Comfort of Heated Glass for Residential Building, Hanbat National University.
14. Lee, Eun Nim, 2013, A Study on the Application of Sustainable Design for the Energy Saving Factors Green Apartment Housing in Korea, Hongik University.
15. Lee, Ga young, 2011, A Study on the Energy Performance Assessment According to Application of the Passive elements for Multi-Family Residential Buildings, Chung-Ang University.
16. Lee, Hae Wook, 2009, A Study on the Rural House Planning Directions -Focused on the Life style Analysis of the Rural Resident-, Korean Society of Rural Planning.
17. Lee, Hyeon Ju, Hwan Seon Nah, Cheol Hee Lee, Sung Mo Choi, 2012, Fire Resistance Performance and Thermal Performance Evaluation of Structural Insulated Panels for Low-Energy Houses, Korean Society for Advanced Composite Structures, 3(2), p36-p46.
18. Lee, Tae Goo, Doo Young Yun, 2013, The measurement study on the airtightness of dwellings based on the passive design, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment.
19. Oh, Ho Youn, 2013, A study on the Planning Methodology to Improve the Performance of the Decrepit Apartment Remodeling, Dongguk University.

20. Park, Min Ju, 2015, Needs for Building Envelope Insulation Performance Regulation Reflecting the Influence of Thermal Bridges, Ewha Womans University.
 21. Park, Jae Sang, 2012, Analytic Study on the Heat Environment Situation of Rural Housings by Actual Measurement, Daejon University.
 22. Park, Jung Hun, 2014, An Analysis of Thermal Insulation and a Study of Application of Reinforced Insulation in Apartment Houses, Kongju National University.
 23. Park, Ju Yang, 2009, Estimation of Energy Performance for the Integrated Module of Building Energy Saving Element Technology in Apartment, Dong-A University.
 24. Roh, Eun Ah, 2012, Energy Performance Evaluation of Apartment Building according to Window-to-wall ratio and Energy performance of Envelope, Ewha Womans University.
 25. Rural Development Administration, 2012, Indicators Survey for the Rural Life.
 26. Ryu, Yeon Soo, mi lan Park, jin wook Kim, hye jin Joo, Yeong Ho Lee, 2013, Heating Energy Demand Analysis by Year of Construction of Rural Housing in Pyeongchang, The Korea Solar Energy Society, 33(1), p136-p143.
 27. Sim, Hoon, 2012, A Study on the Energy Performance of VIPs according to Building Application, Kong Ju National University.
 28. Song, Eun Kyoung, 2013, A study on the thermal performance improvement of exterior wall through control of thermal environment for Han-Ok, Yeungnam University.
 29. Yi, Cheng Ri, 2014, An Experimental Research on the Composite Insulation Materials for Rural House, Ajou University.
 30. Yun, Jung Sook, Yoon Jung Choi, 2010, Insulating Efficiency of Rural Houses Constructed with Alternative Exterior Wall Structures in Korea, Yonsei Journal of Human Ecology, 14, p18-p26.
-
- Received 6 August 2015
 - First Revised 9 September 2015
 - Second Revised 5 December 2015
 - Finally Revised 22 December 2015
 - Accepted 22 December 2015