

농촌지역의 일반 및 경량목구조 주택의 단열성능 실증조사 분석 및 시사점 연구*

- 강원도 인제군내 농촌주택을 대상으로-

A study on the thermal insulation performance through the analysis in the Lightweight wooden structure of rural areas

- Cased of Inje-gun in Kangwondo, Korea -

배웅규** · 윤용우*** · 정동섭**** · 김 원*****

Bae, Woongkyoo · Yun, Yongwoo · Jeong, Dongseop · Kim, Owen

Abstract

The situation of current heat-insulation property of the rural housing in Korea has been identified as very-low, and the applied technology and construction is building in the vulnerable conditions, so the cooling and heating loads are high. This study aims to promote the affordable housing space for the resident of the light weight-wood flame rural housing, and to suggest the heat insulation property improvement plan of the low energy light weight-wood flame rural housing. Results of the study, in the case of a general rural housing, the average value of the whole is 0.13, in the case of a lightweight tree structure rural housing, heat loss of 0.02 the average value of the whole is close to 0 is less TDRi of thermal insulation performance of rural housing, also found that the thermal insulation performance is high. And show that it has a heat insulating performance lightweight housing tree structure superior general rural houses, which confirmed the potential of the structure of light-weight neck in terms of thermal environment. This study has significance to promote the feasibility and the alternative of the light weight-wood flame rural housing which can improve the heat insulation property by low energy and can be covered by the resident of the rural housing economically.

키 워 드 · 농촌주택, 단열, 경량목구조, 내표면온도차비율(TDRi)

Keywords · Rural housing, Thermal insulation, Lightweight wood-Frame Construction, TDRi(Temperature Difference Ratio)

I. 서 론

우리나라의 농촌주택은 비교적 오랜 역사를 가지

1. 연구의 배경 및 목적

며, 다양한 형태와 구조로 건축되고 있다. 이러한

* 본 연구는 농촌진흥청 '농촌마을의 주택 실태조사 및 특성분석연구' (과제번호 : PJ00933902)의 지원으로 이루어졌습니다.

** 중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수 (주저자 : baegogh@cau.ac.kr)

*** 서울대학교 대학원 협동과정 조경학 도시설계전공 박사수료 (교신저자 : ywyun@snu.ac.kr)

**** 호서대학교 공과대학 건축학과 교수

***** 중앙대학교 일반대학원 도시공학과 도시설계전공 박사과정

주택들은 특별한 건축기준이나 에너지 기준 등이 미흡한 상황에서 건축됨에 따라 대부분의 농촌주택들은 단열성능이 낮고, 그 적용기술과 시공기술이 정밀하지 못하여 냉난방부하가 높다. 이로 인해 농촌주택의 거주 성능을 향상시킬 필요가 있다.

2000년대 이후, 여러 형태의 농촌주택들 중에서 경량목구조주의 농촌주택 건립이 시공의 편리성, 공간의 가변성 등의 이유로 꾸준히 증가하고 있다. 하지만, 이런 경량목구조 농촌주택은 에너지 효율성 측면에서 단열성능에 대하여 실질적인 연구 자료에 의한 기준이 미비하다고 할 수 있다.

국토교통부 「녹색건축물 조성 지원법」의 건축물 열손실방지 및 건축부문 의무사항에서 단열제에 대한 기준이 중심으로 제시되고 있고, 접합부나 우각부 등의 단열취약부위와 건물 전체에 대한 검증이 종합적으로 이루어지지 못하고 실천성에 있어 한계가 있다. 아울러 높은 저에너지 수준의 주택은 상당한 비용을 수반함에 따라 농촌지역 주민의 경제적 부담능력의 측면에서 지속가능하지 않은 것으로 한계중의 하나이다.

이 같은 한계로 인해 증가되고 있는 경량목구조 농촌주택의 경우 취약한 상태에서 건축이 이루어지고 있어 기존의 주택들에 비해 단열성능 및 재료와 구법 등 종합적인 측면에서 경쟁력을 확인해 볼 필요가 있다. 단지 경량목구조 농촌주택이 거주자의 주거관리 부담능력과 단열 및 냉난방 같은 에너지 효율을 고려하지 않은 채 단기적 관점에서 시공상의 경제성을 우선하여 선택되어진다면 오히려 적정한 성능의 농촌주택의 대안으로서의 가능성이 낮을 수밖에 없을 것이다. 또한 정부의 패시브하우스(Passive house; 고효율주택) 기준에 부합하는 경량목구조 농촌주택 건축은 열악한 농촌주민의 경제여건에서 거주자에게 더욱 많은 비용부담이 가중시킬 수 있다.

이에 따라 본 연구는 현재의 일반 및 경량목구

조 농촌주택의 단열성능을 실제 농촌주택을 대상으로 심층 분석 및 실증하는 것이 주요한 목적이라 할 수 있다. 이를 위해 경량목구조의 농촌주택과 일반 농촌주택에 대한 실제적인 단열성능 등의 조사를 통해 실질적인 비교분석하고자 한다. 또한 본 연구의 분석결과에 근거하여 주민의 경제적 부담능력을 감안한 적절한 저에너지형 농촌주택의 도입을 위한 시사점을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 강원도 인제군 농촌주택을 공간적 범위의 대상으로 하고, 내용적 범위는 경량목구조로 시공된 농촌주택의 벽체, 지붕, 바닥, 우각부의 열성능을 조사하고 기존의 일반 농촌주택의 벽체, 지붕, 바닥, 우각부의 열성능을 비교분석함으로써 경량목구조 농촌주택의 저에너지형 단열개선방안을 제시하고자 하였다. 본 연구의 주요 진행방법은 현대 농촌주택의 주요 구법의 특징과 경량목구조 농촌주택에 대한 특성 고찰과 관련 선행연구 고찰을 통해 본 연구의 시점을 정립하였다. 본 연구는 현장조사²⁾를 통해 경량목구조 농촌주택과 인접하는 일반 농촌주택의 주요구조별(벽체, 지붕, 바닥) 열성능(내외부 표면온도 및 TDR³⁾)을 측정하고 데이터를 비교분석하였다. 이러한 분석결과를 토대로 경량목구조 농촌주택의 저에너지형 개선방향을 제시하였다.

II. 이론 및 선행연구 고찰과 연구시점

1. 농촌주택의 구조와 경량목구조 농촌주택

현대 농촌주택의 구조는 크게 시멘트 블록조, 시멘트 벽돌조, 콘크리트조, 서양식목조(경량목구조), 경량철골조로 구분할 수 있다. 각 농촌주택의 구조

Table 1. Features of construction methods and material in modern rural housing

| Section | Wall structure | Wall materials | Roofing structure | Roofing materials | Building solidarity | Remarks |
|--|--------------------------|---|---|---|---------------------|---|
| Construction methods and Materials in modern rural housing | Cement Block | Decoration Cement plastering | Wooden/ Light-weight iron framed & Concrete | Slate/ Tin plate/ Steel sheet/ Slabs | Mainly 1970s | Chosen by Remodelling and Annex, Evanishment |
| | Cement Block | Cement plastering Decoration Block | Exposed Concrete | Slabs Cement-roofing tile /Steel sheet | 1970~1980s | Actually Evanishment |
| | Concrete | Decoration Block Outer-Heat insulation | | | 1980s~ | Good Waterproof Performance Disadvantage for Health & Environment |
| | Western-Wooden | Wooden /Siding | Western-Wooden | Single Asphalt /Steel Sheet | 2000s~ | Mainly for Idyllic Houses |
| | Light-weight iron framed | Sandwich Panel/ Block decoration | Light-weight iron framed | Sandwich Panel/ Single asphalt/ Steel sheet | 2000s~ | Prefabricated Housing : Alternative to the heat insulating weakness housing |

별 주요 부위별 특징은 먼저, 시멘트 블록조 농촌 주택은 주로 1970년대에 건축되었는데 제치장, 시멘트미장의 벽체와 목/경량철골콘크리트의 지붕구조 및 슬레이트, 합석, 강판의 평슬라브 지붕형태의 특징을 나타낸다. 시멘트 벽돌조 농촌주택은 1970~1980년대 주로 건립되었으나 오늘날에는 거의 적용되지 않는 구법에 해당된다. 2000년대 이후에는 서양식 목구조와 경량철골조의 농촌주택이 주로 건립되고 있는데, 서양식 목구조는 전원주택을 중심으로 많이 적용되고 있으며, 경량철골조는 단열이 취약한 기존 농촌주택의 대안으로 급격히 증가하고 있다.

2. 경량목구조 농촌주택과 단열성능 특징

「녹색건축물 조성 지원법」의 건축물 열손실방지 및 건축부문 의무사항에서 단열제에 대한 기준 및 중요성만 강조되고 기밀성에 대한 일반적 기준은

있으나 접합부나, 우각부 등 단열취약부위나 건물 전체에 대한 검증은 단편적으로 이뤄지고 있는 실정이다.

경량목구조의 경우 구조에 대한 기준은 있으나 단열성능에 대해서는 일반적인 에너지절약 설계기준을 준용하고 있는 실정이다. 보통의 건축물과 유사하게 건축물의 신축과 대수선, 용도변경 등에 대해 거실의 외벽, 최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕, 최하층에 있는 거실의 바다, 바다 난방을 하는 층간 바다, 창 및 문 등은 지역별 건축물 부위의 열관류율^{주4} 기준(Table 2) 또는 단열제 두께 기준을 통해 의무사항으로 규정되어 있다.

단열제의 등급 분류에 대한 내용은 Table 3이다. 기존의 기준은 단열제의 두께 기준에 따라 설계 및 시공의 용이함을 위해 단열제의 등급 분류를 통해 복잡한 단열성능의 측정과 확인 등을 재료시험성적으로 대체함으로써, 건물단열의 복잡한 매커니즘은 무시된 채 등급 분류별 단열제의 종류에 따라 단순

Table 2. Classification of insulation material

| Class | Range of Thermal transmittance (‘KS L 9016’ 20±5°C test conditions) | | Insulations by KS M 3808, 3809 & KS L 9102 |
|-------|--|---------------|--|
| | W/mK | kcal/mh°C | list of reference |
| A | below 0.034 | below 0.029 | - Extruded Polystyrene Form Insulation (Special type, no1, no2, no3) - EPS 2-jong (no1, no2, no3, no4) - Hard Urethane Form Insulation 1-jong (no1, no2, no3) & 2-jong (no1, no2, no3) - Glass wool Insulation 48K, 64K, 80K, 96K, 120K - Others of below thermal conductivity in insulation 0.034 W/mK(0.029 kcal/mh°C) |
| B | 0.035 ~ 0.040 | 0.030 ~ 0.034 | - EPS 1-jong (no1, no2, no3) - Mineral wool Insulation (no1, no2, no3) - Glass wool Insulation 24K, 32K, 40K - Others of below thermal conductivity in insulation 0.035 ~ 0.040 W/mK (0.030 ~ 0.034 kcal/mh°C) |
| C | 0.041 ~ 0.046 | 0.035 ~ 0.039 | - EPS 1-jong (no4) - Others of below thermal conductivity in insulation 0.041 ~ 0.046 W/mK (0.035 ~ 0.039 kcal/mh°C) |
| D | 0.047 ~ 0.051 | 0.040 ~ 0.044 | - Others of below thermal conductivity in insulation 0.047 ~ 0.051 W/mK (0.040 ~ 0.044 kcal/mh°C) |

화시켜놓고 있다. 특히 경량목구조 농촌주택의 특성을 고려한 단열성능이나 기준은 불명확하고, 실제 현장에서는 각 등급별 최저기준 단열재를 사용함으로써 가격에 따른 재료선택으로 치우쳐져 있어 많은 문제점을 낳고 있다.

건축물에서 단열이라는 것은 하나의 부위나 재료에 의해 일방향적으로 결정되는 것이 아니라, 하나의 주택이라는 구조물 전체적인 관점에서 바라보는 것이 중요하다. 이에 건축물의 단열기준이나 제도에 있어서는 각 부재나 재료, 부위별 단열기준은 법규를 준용하되 좀 더 세부적인 각 지역별, 유형별 특성에 맞는 적정 단열 기준을 분석하고 가이드라인을 마련할 필요가 있다.

3. 선행연구 고찰 및 연구의 시사점

본 연구와 관련된 선행연구⁵⁾는 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 농촌주택의 벽체를 중심으로 열성능 및 에너지 관리특성 고찰, 둘째, 건축구조체

로서 경량목구조의 열전도율 및 열성능 특성 고찰, 셋째, 건축설비체로서 열관류율 및 단열 특성 고찰이다.

먼저, 농촌주택의 외벽구조를 중심으로 열성능 및 에너지 관리 특성 고찰에 관한 연구에는 윤정숙 외 2인(1998)이 농촌주택의 외벽구조체에 따른 열환경성능의 비교연구를 하였으며, 조경민 외 2인(2011)은 기존농촌주택과 패시브형주택의 에너지요구량을 PHPP분석을 통한 주택의 기밀성 및 창호성능 분석을 중심으로 비교분석 하였으며, 이건영(1976)은 농촌주택의 열관리에 관한 연구를 진행하였다. 둘째, 건축구조적 관점과 열 성능측면에서 접근하였던 연구로는 목구조(경량)의 열적 성능 비교 연구로서 김석환외 3인(2013)은 경량목구조의 골조 열전도율에 따른 건물외피의 열적 성능을 고찰하였고, 이소정외 3인(2012)은 목구조 및 경량 스틸 구조의 외벽 열성능 평가를 통한 단열규정 개선방안을 제안하였다. 건축설비관점에서 접근되어진 연구는 주로 열관류율 및 단열 특성을 고찰하였는데,

Table 3. Thermal transmittance of the regional buildings ($W/m^2 \cdot K$)

| Part of the buildings | | Region | | Central region* | Southern region** | Jeju island |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------|--|-----------------|-------------------|-------------|
| | | | | | | |
| Exterior living room | Directly contact the outside | | | below 0.270 | below 0.340 | below 0.440 |
| | Indirectly contact the outside | | | below 0.370 | below 0.480 | below 0.640 |
| Roof on the uppermost | Directly contact the outside | | | below 0.180 | below 0.220 | below 0.280 |
| | Indirectly contact the outside | | | below 0.260 | below 0.310 | below 0.400 |
| Floor of living room on the lowermost | Directly contact the outside | Floor heating | | below 0.230 | below 0.280 | below 0.330 |
| | | Not floor heating | | below 0.290 | below 0.330 | below 0.390 |
| | Indirectly contact the outside | Floor heating | | below 0.350 | below 0.400 | below 0.470 |
| | | Not floor heating | | below 0.410 | below 0.470 | below 0.550 |
| Floor of floor heating | | | | below 0.810 | below 0.810 | below 0.810 |
| Windows & Doors | Directly contact the outside | Apartment building | | below 1.500 | below 1.800 | below 2.600 |
| | | Except APT building | | below 2.100 | below 2.400 | below 3.000 |
| | Indirectly contact the outside | Apartment building | | below 2.200 | below 2.500 | below 3.300 |
| | | Except APT building | | below 2.600 | below 3.100 | below 3.800 |

* 중부지역 : 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군)

** 남부지역 : 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 강원도(강릉시, 동해시, 속초시, 삼척시, 고성군, 양양군), 충청북도(영동군), 충청남도(천안시 제외), 전라북도, 전라남도, 경상북도(청송군 제외), 경상남도, 세종특별자치시

강제식 외 3인(2009)은 한국형 패시브하우스를 위한 단열블럭시스템의 난방에너지소비 특성을 고찰하였고, 이태철 외2인(2012)은 패시브 환기외피의 통기성능 및 열관류율에 대한 연구를 진행하였으며, 최정만(2012)은 패시브하우스의 구조별 구축 방식과 열교 없는 디테일을 제시하였다.

이러한 선행연구의 분석을 통해 기존 농촌주택의 열성능에 관련한 연구들은 개별주택에 대한 국한하여 분석된 연구가 대다수이며, 농촌주택 열환경에 따른 단열성능의 현실을 주택 내·외부 및 개별 부위별로 비교·분석이 다루어지지 못한 점이 한계점으로 지적되는 부분이다. 본 연구에서는 농촌주택의 주요 부위별(벽체, 창문, 현관, 우각부) 단열성능을 실증적으로 분석하고 기존의 일반 농촌주택의 단열성능과 비교분석함으로써 경량목구조 농촌주택의 건축계획적 관점에서 단열개선 방안을 제시한다는 점에서 기존 연구와 차별되는 점이다.

III. 일반 및 경량목구조 농촌주택의 단열성능 현장조사

1. 현장조사 개요

1) 조사대상 선정

본 연구의 대상지는 연구 및 분석방법을 적용하는데 가장 적합한 곳을 선정하고자 하였다. 이에 따라 겨울철이 길며 우리나라에서 연중 평균기온이 가장 낮아 건축물 내·외부의 온도차를 명확히 구분할 수 있는 강원도지역을 연구의 광역적 위치범주로 설정하였으며, 이 중 연구대상 건축물이 존재하는 지역을 공부(公簿)상 자료의 분류 등을 통해 최종적으로 인제군 농촌마을을 선정하였다.

조사대상 건축물은 강원도 인제군 일대 3개 마을 농촌 주택(서화리:2동, 함강리:3동, 신남리:3동) 및 독거노인 공동주거이며, 조사기간은 2014년 2월

Table 4. Surveyed housing

| Section | Irradiation time | Lightweight wood-Frame Construction | General Construction |
|--------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| InJe SeoHwa-ri (U SH) | 2014.3.01. PM7 | 24, 78-Gil, CheonDo-Ro | CheonDo-ro 92, 94 685-3. CheonDo-Ri |
| InJe HapGang-ri (U HG) | 2014.3.02. PM8 | IPyoung-Ro, 209 | IPyoung-Ro, 240, 258-6 |
| InJe SinNam-ri (U SN) | 2014.2.28. PM7 | Shinnam-Ro, 171-8 | Shinnam-Ro, 171-9, 158 |

28일 부터 3월2일^{주6)}에 걸쳐 이루어졌다. 열환경 측정시간의 설정의 경우 대상건축물에 동일한 측정 조건에 정합 할 수 있도록 오후 7-8시경으로 설정 하였다.

2) 조사내용 및 방법

연구의 주요한 내용은 실제로 경량목구조로 시공 된 농촌주택들의 단열성능을 현장조사를 통해 측정 하고, 경량목구조 농촌주택들의 단열성능의 비교평 가를 위해 인접하는 일반 농촌주택을 선정하여 단 열성능 조사하여 평가하는 것이다.

구체적인 조사내용은 다음과 같다. 첫째, 농촌의 일반주택과 저에너지 실험주택인 독거노인 공동주 거를 열화상카메라로 촬영(외벽, 현관, 창호, 우각 부)하였으며 둘째, 각 조사주택의 단열성능 평가지 표는 TDRi(Temperature Difference Ratio, 결합부 위 상대온도비율)의 정량적 지표로 설정하여 기존 일반 농촌주택과 일종의 저에너지 실험주택이라 할 수 있는 독거노인 공동주거의 TDRi를 비교 평가하 였다. TDRi는 실내외 온도차에 대한 실내온도와 실 내표면온도의 차를 비율로 표시한 것으로서 단열상 태가 우수할수록 실내표면온도는 실내온도와 가까 워지므로 0에 수렴하고 단열상태가 나쁠수록 외기 온도에 접근하게 되어 1에 수렴한다.^{주7)}

조사방법은 다음과 같은 과정으로 이루어졌다.

먼저, 촬영 목표에 맞는 대상을 미리 선정하고 대 상지 실외기온 및 기후정보를 확인하여 열화상카메 라의 판별 효율을 위하여 외기온도와 실내온도의 차이가 11°C 이상 차이가 나는 시기에 촬영하였다. 또한, 일조가 많은 시간대 또는 비·눈이 오는 경우 화상이 불명확하므로 날씨가 맑고 일사가 없는 오 전과 오후에 촬영하였으며, 난방시설을 미리 가동하 며 실내기온을 평소 생활온도로 맞춰 놓은 후 촬영 (최소 1시간 이상)하였다. 또한 실외온도 변화를 고 려하여 비교적 짧은 시간 내에 촬영하였다.

본 조사에 사용된 열화상카메라는 Testo社의 875i 모델을 사용하였으며, 이는 0.05°C미만의 정밀 한 열감도와 2 포인트 지점 측정이 가능하다. 이러 한 실측장비의 측정기능 및 성능에 기인하여 일반 주택 및 경량목구조 주택의 주요 측정지점(벽체, 창 문, 현관, 우각부)의 온도분포를 검출하였으며 내부 온도의 경우 최저온도를 기준으로, 그리고 외부온도 의 경우 최고온도를 기준으로 산출값을 측정하였다. 실내·외 기온의 경우 전자온도계를 사용하여 5~10 분에 걸쳐 측정한 값을 기준으로 하였다.

촬영 조사자료는 다음과 같은 형식으로 정리하였 다. 열화상 수치를 정량적으로 비교할 수 있는 비 교표를 작성하고 비교표에 작성한 수치를 바탕으로 TDRi를 도출하여 단열성능을 비교하고, 열화상 이 미지를 통해 단열 문제부위를 판별하였으며, TDRi 값과 문제부위의 화상패턴을 바탕으로 경량목구조 농촌주택의 단열의 문제점을 파악하고 이를 토대로 경량목구조 농촌주택의 재료 및 공법 개선방향을 제시하고자 하였다.

2. 조사주택의 개요 및 부위별 구법 특징

1) 조사대상 농촌주택 개요

일반 농촌주택은 대부분 지형에 따라 배치되어

Table 6. Summary of field study of the general rural housing













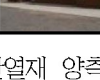

| Section | Features of housing | | | Housing View | Major opening |
|-------------|---------------------|-----------------------------|--|--|--|
| | House faces | Internal space | Housing Type | | |
| GC_01 (JSN) | N | Room L-Room Kitchen | Single Room Type |  |  |
| GC_02 (JSN) | NS | 2Room L-Room | General House (1F+Loft) |  |  |
| GC_03 (JHG) | NE | 2Room L-Room Kitchen | General House (1F+Loft) |  |  |
| GC_04 (JHG) | SW | Room L-Room Kitchen W.House | General House |  |  |
| C_05 (JSH) | E | 2Room L-Room Kitchen | General House (1F+Loft) |  |  |
| GC_06 (JSH) | NW | 2Room L-Room Kitchen | - |  |  |
| GC_07 (JSH) | W | Room L-Room Kitchen | Prefabricated (Sandwich panel) Housing |  |  |

있어 향은 사례별로 다소 차이가 있고, 경량목구조 농촌주택은 모두 남향을 중심으로 배치되어 있다. 일반 농촌주택은 대부분 지어진지 20년 이상 된 주택이 많으며, 생활환경과 요구 공간의 증가에 따라 샌드위치 패널과 같은 가건물의 증축이 많았다. 흙벽집의 경우는 시멘트와 벽돌을 이용하여 외관을 보수하고, 내부는 단열재를 덧대는 방식을 주택을 개선하였다. 경량목구조 농촌주택은 최근에 지어진 주택으로 독거노인을 위한 원룸형 주거로 계획되었고, 내부공간도 1-2인 가구를 위한 거실중심의 공간구성을 취하고 있다.

2) 농촌주택의 주요 부위별 구법특징

조사대상 주택의 구조 종류별로 구법의 특징은 다음과 같다. 철근콘크리트 구조는 콘크리트의 인장 능력의 약점을 철근으로 보완한 구조로서 내구성이 좋고 방음이나 단열문제의 해결이 양호한 건축구조

Table 7. Summary of field study of the Lightweight wood-Frame housing

| Section | Features of housing | | | Housing View | Major opening |
|-------------|---------------------|----------------------------|---|--|--|
| | House faces | Internal space | Housing Type | | |
| LC_01 (JSN) | S | Room L.Room Kitchen Toilet | Common House for Elder (Single Room Type) |  |  |
| LC_02 (JSN) | S | | |  |  |
| LC_03 (JHG) | S | | |  |  |
| LC_04 (JHG) | S | | |  |  |
| LC_05 (JSH) | S | | |  |  |
| LC_06 (JSH) | S | | |  |  |
| LC_07 (JSH) | S | | |  |  |

이다. 샌드위치 패널은 단열재 양측에 강판을 붙인 것으로 공사비가 저렴하고 시공이 용이해 공기가 짧으며 이미 단열재를 포함하고 있으므로 단열 성능이 가격대비 양호한 장점이 있으나, 방음이 잘 되지 않아 프라이버시의 문제가 있고 대화성 취약하다는 단점이 있는 구법이다. 마지막으로 경량목구조는 기성품으로 나오는 경량목재를 이용하여 벽식 구조를 만드는 공법이다. 건식이고 규격화되어 있어 공기가 짧으나 방음이나 방습에 다소 문제가 있다. 중단열을 사용해서 단열과 내진에는 효과적이거나 해충에 의한 피해가 있을 수 있다는 단점도 있다.

3. 경량목구조 농촌주택 주요 부위별 단열성능 측정

1) 일반 농촌주택의 열화상 측정결과

일반 농촌주택 주요 부위별 이미지에서 단열성능

에 대한 특징은 Table 7와 같다. 그 특징을 정리하면 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 일반 농촌주택의 열화상 이미지를 토대로, 일반 농촌주택은 주로 우각부가 고르지 않은 경향이 있다. 아래 그림에서와 같이 우각부의 무지개스펙트럼에서 보이는 온도차이가 매우 크다. 이는 단열재를 건축이후에 시공하여 모서리 부분에서 결함이 생겼거나 건축 후 오랜 시간이 지나 단열재가 제 역할을 못하는 것으로 판단된다. 둘째, 창문과 현관문 등의 열화상 패턴을 보았을 때 온도차가 다양하게 발생하는 것을 볼 수 있다. 이는 우선 창호자체의 단열성능이 떨어진 것으로 알 수 있으며, 이로 인해 건물의 전체적인 단열성능과 열효율을 저하시키는 것으로 판단된다. 셋째, 벽체의 경우 일반 농촌주택은 시멘트, 조적조의 경우 온도차이가 상대적으로 낮게 나타났다. 넷째, 창문, 현관, 우각부의 열손실이 많은 부위에서 나타났으며 기존의 일반 농촌주택은 단열성능

이 떨어지는 것으로 확인되었다. 마지막으로, 단열 취약부위의 순서는 우각부, 현관 > 창문 > 벽체 순으로 조사되었다. 우각부의 경우 건축 설계 및 시공상의 구조적 결함이 주요한 요인이고 현관은 외기와 직접적으로 면한 부위의 면적, 현관실의 유무(이중문), 현관문의 종류 등에 따라 결과가 상이하게 나타났다.

2) 경량 목구조 농촌주택의 열화상 측정결과

경량목구조의 열화상을 촬영하여 분석한 결과는 Table 8과 같다. 분석한 주요 내용은 다음과 같다. 첫째, 일부 주택을 제외하고 우각부의 열화상 패턴이 매우 고르게 나타나는 경향이 있다. 이는 우각부에서 열손실이 발생하지 않는다는 것을 의미한다. 둘째, 창호 자체에서도 아래 그림과 같이 열화상 패턴이 고르게 나타났다.

Table 7. The thermal images captured image of general rural housing

| Section | Temperature (°C) | | Walls | | Windows | | Porches | | Corners | |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | Inner | Outer | Inner | Outer | Inner | Outer | Inner | Outer | Inner | Outer |
| GC_01 (USN) | 19.6 | 5.1 | | | | | | | | |
| GC_02 (USN) | 18.9 | 5.1 | | | | | | | | |
| GC_03 (UHG) | 19.4 | 4.2 | | | | | | | | |
| GC_04 (UHG) | 12.3 | 4.3 | | | | | | | | |
| GC_05 (USH) | 19.3 | 4.5 | | | | | | | | |
| GC_06 (USH) | 16.7 | 2.1 | | | | | | | | |
| GC_07 (USH) | 19.2 | 3.7 | | | | | | | | |

Table 8. The thermal images captured image of Lightweight wood-Frame housing

| Section | Temperature (°C) | | Walls | | Windows | | Porches | | Corners | |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | Inner | Outer | Inner | Outer | Inner | Outer | Inner | Outer | Inner | Outer |
| LC_01 (JSN) | 25.5 | 3.0 | | | | | | | | |
| LC_02 (JSN) | 25.7 | 3.0 | | | | | | | | |
| LC_03 (JHG) | 21.6 | 2.5 | | | | | | | | |
| LC_04 (JHG) | 21.0 | 2.5 | | | | | | | | |
| LC_05 (JSH) | 18.7 | 3.5 | | | | | | | | |
| LC_06 (JSH) | 20.4 | 3.7 | | | | | | | | |
| LC_07 (JSH) | 20.2 | 3.7 | | | | | | | | |

셋째, 벽체와 창호가 만나는 부분을 보았을 때 열화상 패턴에 다양한 온도층이 발생하지 않음을 알 수 있다. 이는 벽체와 창호가 만나는 부분에서 열손실이 발생하지 않는다는 것을 의미한다. 마지막으로 내부와 외부의 기온을 비교하였을 때 외부의

온도가 평균 3°C이지만 내부의 온도는 대부분 20°C 이상을 유지하고 있었다. 경량목구조의 농촌주택은 열손실이 적은 것으로 나타났다.

경량목구조 농촌주택의 열화상 이미지와 비교한 결과, 일반 농촌주택의 경우 단열성능이 좋지 않아

Table 9. Comparison of the inner and outer surface temperature of general rural housing

| Section | Temperature(°C) | | | Surface Temperature(°C) | | | | | | | | | | | | | Average of Diff.. |
|---------|-----------------|-------------|-----------|-------------------------|-------|---------------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|------|-------------------|
| | Inner Space | Outer Space | Temp Lows | Walls | | | Windows | | | Porches | | | Corners | | | | |
| | | | | Inner | Outer | Temp Differ.. | Inner | Outer | Temp Lows | Inner | Outer | Temp Lows | Inner | Outer | Temp Lows | | |
| GC_01 | 19.6 | 5.1 | 14.5 | 22.0 | 4.5 | 17.5 | 14.1 | 7.3 | 6.8 | 17.7 | 4.8 | 12.9 | 17.8 | 3.0 | 14.8 | 13.3 | |
| GC_02 | 18.9 | 5.1 | 13.8 | 21.4 | 6.0 | 15.4 | 17.5 | 7.2 | 10.3 | 20.2 | 8.1 | 12.1 | 17.1 | 7.6 | 9.5 | 12.2 | |
| GC_03 | 19.4 | 4.2 | 15.2 | 22.2 | 1.8 | 20.4 | 19.1 | 6.0 | 13.1 | 18.5 | 7.1 | 11.4 | 21.3 | 0.6 | 20.7 | 16.2 | |
| GC_04 | 12.3 | 4.3 | 8.0 | 13.2 | 19.4 | -6.2 | 15.7 | 10.2 | 5.5 | 6.1 | 4.5 | 1.6 | 4.5 | 3.4 | 1.1 | 2.0 | |
| GC_05 | 19.3 | 4.5 | 14.8 | 18.1 | 5.8 | 12.3 | 15.2 | 3.3 | 11.9 | 7.7 | 5.3 | 2.4 | 13.3 | 4.6 | 8.7 | 10.0 | |
| GC_06 | 16.7 | 2.1 | 14.6 | 15.1 | 0.9 | 14.2 | 14.0 | 1.6 | 12.4 | 10.1 | 3.5 | 6.6 | 10.1 | 3.0 | 7.1 | 11.0 | |
| GC_07 | 19.2 | 3.7 | 15.5 | 24.2 | 0.8 | 23.4 | 20.9 | 5.5 | 15.4 | 7.6 | 5.5 | 2.1 | 21.9 | 3.3 | 18.6 | 15.0 | |
| Average | 17.9 | 4.1 | 13.8 | 19.5 | 5.6 | 13.9 | 16.6 | 5.9 | 10.8 | 12.6 | 5.5 | 7.0 | 15.1 | 3.6 | 11.5 | 11.4 | |

* GC : General Case of rural housings

내외부의 온도차이가 경량목구조 농촌주택의 차이 보다 적게 나타났다. 이를 통해, 일반 농촌주택의 단열성능은 경량목구조에 비해 현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. 벽체의 경우에서는 두 가지 주택이 열화상 패턴의 상당한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 즉, 경량목구조 주택에서는 고온 색상분포를 보이는 반면, 일반 농촌주택에서는 변화가 많은 색상분포로 단열성능이 떨어지고 있었다. 창문역시 일반주택의 단열성능이 비교적 낮음을 알 수 있는데 이는 기밀성능이 낮은 것이다. 여전히 우각부의 단열성능은 경량목구조가 나은 것으로 보이나, 두 가지 주택에서 모두에서 단열성능이 약한 부분으로 나타나고 있다.

IV. 농촌주택의 주요부위별 단열성능 비교분석 및 시사점

1. 농촌주택의 주요 부위별 내·외부 표면온도 차이 비교분석

1) 일반 농촌주택의 주요 부위별 내·외부 표면온도차이 분석

일반 농촌주택의 주요 부위별 내외부 표면온도차

이를 분석하기 위해 벽체, 창문, 현관, 우각부로 구분하여 측정하였다(Table 9). 먼저, 벽체는 내부의 온도와 외부의 온도차이가 다른 부위보다 높게 나타나고 있다. GC_07의 건물에서는 최고 23.4°C의 온도 차이를 보이고 있다. 둘째, 창문에서는 다소 내외부 온도차이가 낮게 나타났으며 이는 주택내부의 열손실이 비교적 높은 것이다. 셋째, 현관은 내외부 온도차이가 가장 낮게 나타났으며 주택내부 중에서 가장 낮은 평균온도(12.6°C)이고 외부 또한 평균 5.5°C로 가장 낮은 온도이었다. 넷째, 우각부는 벽체 다음으로 높은 내외부 온도차이가 있었다.

일반 농촌주택의 주요 부위별 내외부 표면온도차이의 특징을 주요 부위별 표면온도차이의 평균값으로 정리하면, 벽체 13.9°C, 창문 10.8°C, 현관 7.0°C, 우각부 11.5°C로 나타났으며, 조사대상 주택의 전체 표면온도차이 평균값은 11.4°C이고 주택별로 Min.2.0°C에서 MAX.16.2°C까지의 범위에서 나타나고 있는 것으로 분석되었다.

2) 경량목구조 농촌주택의 주요 부위별 내·외부 표면온도차이 분석

경량목구조 농촌주택의 주요 부위별 내외부 표면온도차이를 분석하기 위해 벽체, 창문, 현관, 우각부로 구분하여 측정하였다. 먼저 벽체는 가장 높은

Table 10. Comparison of the inner and outer surface temperature of Lightweight wood-Frame housing

| Section | Temperature(°C) | | | Surface Temperature(°C) | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|-------------|-----------|-------------------------|-------|---------------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|-------------------|
| | Inner Space | Outer Space | Temp Lows | Walls | | | Windows | | | Porches | | | Corners | | | Average of Diff.. |
| | | | | Inner | Outer | Temp Differ.. | Inner | Outer | Temp Lows | Inner | Outer | Temp Lows | Inner | Outer | Temp Lows | |
| LC_01 | 25.5 | 3.0 | 22.5 | 27.6 | 0.9 | 26.7 | 20.8 | 4.8 | 16 | 25.6 | 26.0 | -0.4 | 25.9 | 2.6 | 23.3 | 17.6 |
| LC_02 | 25.7 | 3.0 | 22.7 | 26.8 | 1.4 | 25.4 | 20.7 | 5.1 | 15.6 | 25.8 | 23.7 | 2.1 | 25.1 | 9.0 | 16.1 | 16.4 |
| LC_03 | 21.6 | 2.5 | 19.1 | 23.0 | -0.4 | 23.4 | 21.0 | 2.5 | 18.5 | 17.8 | 1.5 | 16.3 | 19.2 | -1.0 | 20.2 | 19.5 |
| LC_04 | 21.0 | 2.5 | 18.5 | 23.3 | -0.2 | 23.5 | 19.6 | 2.3 | 17.3 | 19.1 | 1.7 | 17.4 | 15.1 | 0.1 | 15.0 | 18.3 |
| LC_05 | 18.7 | 3.5 | 15.2 | 19 | -0.2 | 19.2 | 16.3 | 0.9 | 15.4 | 14 | 1.2 | 12.8 | 18.3 | 5.0 | 13.3 | 15.2 |
| LC_06 | 20.4 | 3.7 | 16.7 | 23.3 | 1.6 | 21.7 | 20.6 | 2.5 | 18.1 | 17.5 | 1.8 | 15.7 | 20.4 | 1.7 | 18.7 | 18.2 |
| LC_07 | 20.2 | 3.7 | 16.5 | 25.5 | 0.7 | 24.8 | 23.6 | 2.6 | 21 | 20.3 | 3.5 | 16.8 | 24.3 | 6.5 | 17.8 | 19.4 |
| Average | 21.9 | 3.1 | 18.7 | 24.1 | 0.5 | 23.5 | 20.4 | 3.0 | 17.4 | 20.0 | 8.5 | 11.5 | 21.2 | 3.4 | 17.8 | 17.8 |

* LC : Light-Wooden Construction Case of rural housings

Table 11. Comparison Lightweight wood-Frame housing and general rural housing of the average of surface temperature

| Section | | Temperature(°C) | | | Surface Temperature(°C) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|-------------|-----------|-------------------------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|
| | | Inner Space | Outer Space | Temp Lows | Walls | | | Windows | | | Porches | | | Corners | | | average |
| | | | | | Inner | Outer | Temp Lows | Inner | Outer | Temp Lows | Inner | Outer | Temp Lows | Inner | Outer | Temp Lows | |
| General Rural Housing | Average GC_01~07 | 17.9 | 4.1 | 13.8 | 19.5 | 5.6 | 13.9 | 16.6 | 5.9 | 10.8 | 12.6 | 5.5 | 7.0 | 15.1 | 3.6 | 11.5 | 11.4 |
| Lightweight wood-Frame Rural Housing | Average LC_01~07 | 21.9 | 3.1 | 18.7 | 24.1 | 0.5 | 23.5 | 20.4 | 3.0 | 17.4 | 20.0 | 8.5 | 11.5 | 21.2 | 3.4 | 17.8 | 17.8 |
| Difference | | 4 | -1 | 4.9 | 4.6 | -5.1 | 9.6 | 3.8 | -2.9 | 6.6 | 7.4 | 3 | 4.5 | 6.1 | -0.2 | 6.3 | 6.4 |

내외부 온도차이를 나타내고 있었으며 평균 23.5°C로 외부의 온도가 영하일지라도 내부의 표면온도는 20°C이상을 유지하고 있었다(Table 10). 조사된 주택에서 내외부의 표면차이가 가장 큰 부위는 벽체 이었다(LC_01: 26.7°C). 둘째, 창문의 경우에는 우각부와 비슷하게 내외부 온도차이를 나타내고 있었다. 창문 내부의 표면온도는 벽체의 내부 표면온도보다 낮았고 현관 내부의 표면온도와 비슷하였다(내부 평균 20°C). 셋째 현관은 가장 낮은 온도차이를 보이고 있었다. 넷째 우각부는 벽체 다음으로 높은 내외부 표면온도차이가 나타났고 우각부 부분에서 내외부의 온도가 비슷한 주택은 나타나지 않았다.

경량목구조 농촌주택의 주요 부위별 내외부 표면온도차이의 특징을 주요 부위별 표면온도차이의 평균값으로 정리하면, 벽체 23.5°C, 창문 17.4°C, 현관 11.5°C, 우각부 17.8°C로 나타났으며, 조사대상 주택의 전체 표면온도차이 평균값은 17.8°C로서 Min.15.2°C에서 MAX.19.5°C까지의 범위에서 나타나고 있는 것으로 분석되었다.

3) 농촌주택의 부위별 내·외부 표면온도차 비교분석 결과

일반 농촌주택과 경량목구조 농촌주택의 표면온도차이를 Table 11과 같이 비교분석하였다. 먼저

내부공간과 외부공간의 기온차이를 분석한 결과 경량목구조의 농촌주택이 일반주택보다 외부공간의 기온이 낮더라도 내부공간의 기온은 평균 4°C 높았으며, 내외부 공간의 기온차이는 평균 4.9°C로 경량목구조 주택이 더 컸다. 온도차이가 크다는 것은 열손실율이 그만큼 적다는 것을 의미하고, '두 주택의 차이값'은 경량목구조주택에서 일반주택의 평균값을 뺀 것으로 양의 값은 경량목구조주택이 온도차이가 크다는 것을 의미하고, 음의 값은 일반주택의 온도차이가 큰 것을 의미한다.

다음으로 일반주택과 경량목구조 주택의 부위별 표면온도차이 평균을 비교 분석한 결과이다. 첫째, 벽체의 내외부 온도차이 평균이 9.6°C 차이로 가장 크게 나타났다. 벽체외부의 온도가 더 낮더라도 내부의 표면온도는 평균 4.6°C더 높게 나타났다. 둘째, 창문의 경우에 내외부 온도차이가 평균 6.6°C로

Table 12. TDRi of the general rural housing

| Section | Walls TDRi | Windows TDRi | Porches TDRi | Corners TDRi | Average |
|---------|------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| GC_01 | -0.17 | 0.38 | 0.13 | 0.12 | 0.12 |
| GC_02 | -0.18 | 0.10 | -0.09 | 0.13 | -0.01 |
| GC_03 | -0.18 | 0.02 | 0.06 | -0.13 | -0.06 |
| GC_04 | -0.11 | -1.01 | 0.78 | 0.98 | 0.16 |
| GC_05 | 0.08 | 0.27 | 0.78 | 0.4 | 0.38 |
| GC_06 | 0.1 | 0.18 | 0.45 | 0.45 | 0.30 |
| GC_07 | -0.32 | -0.1 | 0.74 | -0.17 | 0.04 |
| Average | -0.11 | -0.02 | 0.41 | 0.25 | 0.13 |

경량목구조 주택이 큰 차이를 보이고 있었다. 경량 목구조 주택의 외부창문 표면기온이 일반주택보다 낮지만 내부기온은 더 높았다. 셋째, 현관의 경우 두 가지 주택에서 모두 가장 낮은 온도 차이를 보였지만 경량목구조주택이 일반주택보다 4.5°C만큼의 더 큰 온도 차이를 나타내고 있었다. 또한 경량목 구조주택의 벽체나 창문의 외부 표면온도가 일반주택의 외부표면온도보다 낮았지만 현관의 표면온도는 높았다. 이는 주택의 현관문 재료에 의해서도 표면온도는 다를 수 있다는 것이다. 마지막으로 우각부의 평균온도차이를 비교 분석한 결과 경량목구조 주택이 17.8°C이고, 일반주택이 11.5°C로 6.3°C만큼 차이가 더 크다. 이는 우각부에서도 경량목구조 주택이 내외부 온도차이가 큰 것을 알 수 있다.

이에 따라, 경량목구조 농촌주택의 주요 부위별 단열성능이 일반 농촌주택의 단열성능보다 우수한 것으로 분석되었다. 표면온도차이의 전체평균을 보면 일반 농촌주택은 11.4°C이고 경량목구조 주택은 17.8°C로 6.4°C 더 큰 차이를 나타내고 있었다.

2. 농촌주택의 주요 부위별 내·외부 단열성능 비교분석

1) 일반 농촌주택의 주요 부위별 내·외부 단열성능 분석

농촌주택의 내외부 단열성능을 분석하기 위하여 건축물 단열성능 평가지표인 TDRi(Temperature Difference Ratio)를 활용하였다. 일반 농촌주택의 부위별 단열성능인 TDRi(표면온도차비율)의 평균값을 기준으로 정리하면, 벽체 -0.11, 창문 -0.02, 현관 0.41, 우각부 0.25로 나타났으며, 전체 평균값은 0.13으로 분석되었다(Table 12). TDRi는 실내외 온도차에 대한 실내온도와 실내표면온도의 차를 비율로 표시한 것으로서 단열상태가 우수할수록 실내표

Table 13. TDRi of the Lightweight wood-Frame housing

| Section | Walls TDRi | Windows TDRi | Porches TDRi | Corners TDRi | Average |
|---------|------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| LC_01 | -0.06 | 0.15 | -0.01 | 0.02 | 0.03 |
| LC_02 | -0.09 | 0.17 | -0.01 | -0.04 | 0.01 |
| LC_03 | -0.07 | 0.03 | 0.20 | 0.13 | 0.07 |
| LC_04 | -0.12 | 0.08 | 0.10 | 0.32 | 0.10 |
| LC_05 | -0.01 | 0.13 | 0.26 | 0.02 | 0.10 |
| LC_06 | -0.17 | -0.01 | 0.17 | 0 | -0.01 |
| LC_07 | -0.33 | -0.2 | 0 | -0.23 | -0.19 |
| Average | -0.12 | 0.05 | 0.10 | 0.03 | 0.02 |

면온도는 실내온도와 가까워지므로 0에 수렴하는 것으로 일반주택에서는 창문이 값이 가장 우수하게 나타났다. 다음으로 벽체, 우각부, 현관 순이었으며 현관부의 단열성능이 가장 낮았다.

2) 경량목구조 농촌주택의 주요 부위별 내·외부 단열성능 분석

경량목구조 농촌주택의 부위별 단열성능(TDRi, 표면온도차비율)은 Table 13과 같이 0에 가까운 수치(LC_02: 0.01, LC_06: -0.01)들이 나타났으며, 여러 부위별 중에서 우각부가 가장 우수한 수치를 보이고 있었다(평균 0.03). TDRi 평균값을 기준으로 정리하면, 벽체 -0.12, 창문 0.05, 현관 0.10, 우각부 0.03이었고, 우각부가 가장 단열성능이 높고 다음 창문, 현관, 벽체의 순서이다. 경량목구조 주택의 TDRi 전체 평균값은 0.02으로 분석되었다. 이는 경량목구조 주택이 열관류율이 낮고 높은 단열성능과 경제성을 가지고 있다는 것이다. 또한 단열이 취약할 수 있는 주택의 우각부에서 TDRi의 수치가 경량목구조 주택에서 우수하게 나타났다.

3) 농촌주택의 부위별 단열성능 비교분석 결과

일반 농촌주택과 경량목구조 농촌주택의 단열성능을 비교분석하였다. Table 14에서와 같이 각 주

택들의 TDRi의 평균값을 구하고 두 주택의 평균 차이 값을 분석하였다. 일반 농촌주택의 TDRi 평균값은 0.13이고, 경량목구조 주택의 TDRi 평균값은 0.02으로 경량목구조 주택의 단열성능이 높았다. 벽체의 경우 두가지 주택에서 큰 차이를 나타내지 않았으나, 창문, 현관, 우각부에서는 다소 높은 평균값의 차이를 나타내고 있었으며, 일반 농촌주택의 단열성능이 낮게 나타났다.

건축물의 단열성능은 단열재의 성능(열관류율), 단열(벽체) 두께, 기밀성, 창호성능 등에 크게 좌우되는데, 일반 농촌주택의 경우 벽체의 두께 및 단열재의 성능이 저급하고, 창호의 성능이나 결합부의 기밀성이 떨어져, 효과적인 단열에는 한계가 있는 것으로 보인다.

3. 분석종합 및 시사점

1) 분석종합

일반 농촌주택과 경량목구조 농촌주택의 단열성능인 TDRi을 산출 비교하기 위해 현장에서 열화상 카메라를 이용하여 주택의 표면온도차를 조사 분석하였으며, 측정 데이터의 외기조건이 변동하는 상태에서 가능한 안정된 데이터를 추출하여 이를 분석하는 방법을 채택하였다. 결과적으로 일반 농촌주택과 경량목구조의 부위별 온도 차이는 평균 6.4℃로 경량목구조가 더 큰 내외부의 온도차이가 있었으며, 표면 온도 차이를 기반으로 분석한 TDRi는 경량목구조 주택이 일반 농촌주택보다 우수한 0에 근접한

0.02로 나타났다. 이는 경량목구조의 주택이 일반 농촌주택보다 우수한 단열성능을 가지고 있는 것으로 분석되었다.

현재 농촌 주택들은 수치상으로 실내온도만 놓고 보았을 때 단열 성능 및 난방 성능에서는 크게 떨어지지 않은 것으로 보일 수 있으나 열화상 패턴, TDRi 등으로 판별했을 때 우각부(코너)에 온도차 발생, 창호와 벽이 만나는 부분 기밀성 저하, 창호 성능 등이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 농촌주택들이 단열기준과 단열개념이 제대로 정립되지 않은 시기에 지어진 노후 주택이 대부분이고, 당시 지어졌을 때 벽체와 개구부, 벽체와 지붕, 벽체 사이 등이 만나는 우각부나 결합부위에 대한 단열계획이 없었기 때문으로 판단된다.

앞서 실증분석 결과 확인된 바에 근거하여 경량목구조의 농촌주택이 일반 농촌주택에 비해 양호한 단열성능을 보이고 있는 것을 확인하였다. 이러한 점을 감안하였을 경우 농촌지역에서 주택을 증개축 및 신축할 경우 열성능과 건축비용 등 농촌주민의 경제적 부담능력을 감안하였을 경우 경량목구조의 건축이 가능성이 높음을 알 수 있다.

2) 부담가능한 농촌주택을 위한 시사점

농촌주택은 쾌적한 생활이 가능한 열환경을 유지할 수 있는 단열성능이 필요하지만, 이와 동시에 농촌주민의 경제적 부담능력도 고려하여 적정한 비용으로 농촌주택이 개보수 또는 건축될 수 있도록 재료 및 공법의 개선이 필요하다. 특히, 에너지 부

Table 14. Comparison Lightweight wood-Frame housing and general rural housing of the TDRi

| Section | Walls TDRi | Windows TDRi | Porches TDRi | Corners TDRi | Average |
|---|------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| Average of general rural housing | -0.11 | -0.02 | 0.41 | 0.25 | 0.13 |
| Average of Lightweight wood-Frame housing | -0.12 | 0.05 | 0.10 | 0.03 | 0.02 |
| Difference* | 0.01 | 0.07 | 0.31 | 0.22 | 0.11 |

* 일반 농촌주택과 경량목구조 농촌주택의 차이값은 양의 절대수치임

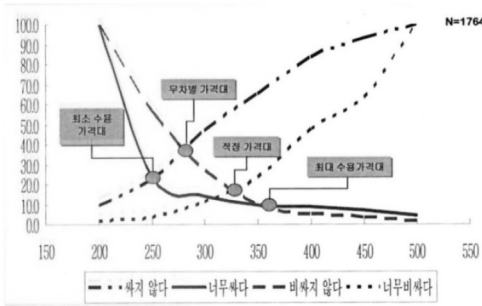


Figure 1. Price sensitivity of timber houses
(Source: Korea forest research institute)

하량과 건물에너지량 등의 건축물성능에 따라 공법 및 재료의 적용을 차등하여 선택하여 적절하게 건축할 필요가 있다.

농촌주택의 경우 단열성능이 패시브주택의 수준에 이르는 최고수준의 단열성능을 적용할 경우 비용이 매우 높아질 수밖에 없으므로 부담가능성을 고려한 비용수준과 적절한 단열수준을 충족할 수 있는 선에서 주택 개보수 및 신축이 이루어져야 할 것이다. 예를 들어 그림1에 따르면 목조주택에 만족할만한 가격대를 살펴보면 250~330만원수준으로 볼 수 있으며, 이를 감안할 경우 Table 15에서 제

시된 낮은 수준의 단열성능을 선택할 수 있다.

또한, 해당 주택의 에너지 요구량을 고려하여 적절한 단열성능을 기획하여 이에 부합되는 설계수준을 정하는 것도 요구된다. 예를 들어 목조주택의 경우 연간 및 월별 에너지 요구량을 분석하여 이를 최적화할 있는 방안으로서 주택의 단열성능을 결정해야 할 것이다.

마지막으로 정부의 「녹색건축물 조성 지원법」에 근거한 경량목구조 농촌주택의 에너지 절약형 단열에 대한 제도 개선이 요구된다. 「녹색건축물 조성 지원법」에 따른 건축물 에너지 절약설계 기준은 단순히 단열재에 대한 기준이므로 기밀성능이나 공법에 대한 고려가 미흡하다. 따라서 건축물 열손실방지 및 건축부문 의무사항에서 기밀성 및 공법에 대한 중요성이 추가될 필요가 있다고 판단되며, 특히, 제2조(건축물의 열손실방지 등), 제6조(건축부문의 의무사항) 항목에 보완이 필요할 것으로 판단된다.

V. 결론

현재 많은 농촌주택은 단열성능이 낮고, 그 적용

Table 15 . A differentiated plan of efficiency class in low energy

| Class | Economy (PY: 280~320m/W) | Diffusion (PY: 320~350m/W) | Low energy (PY: 350~400m/W) |
|--|--|---|--|
| Thickness of SIP (thermal transmittance) | 2"× 6" SIP(thk.162) or thk.172 SIW / Expandable PolyStyrene Pipe type1 | 2"× 6" SIP(thk.162) or thk.172 SIW / Expandable PolyStyrene Pipe type2 | 2"× 6" SIP(thk.206) or thk.216 SIW / Expandable PolyStyrene Pipe type2 |
| Windows | PVC Windows + double glazing | | PVC system window + Low-e 3 layer windows |
| Waste heat recovery | - | Enthalpy Exchanger(type of rotary) more then recovery ratio 70% (random matrix) | |
| House Wrap | House Wrap P.E film 0.02mm | | House Wrap P.E film 0.02mm + (Other Sealing Materials /window lap / IP Sealing Tape) |
| etc. | - | Apply Rainscreen Laminate floor 8mm Add insulation(Inner): 30×30 | Apply Rainscreen Laminate floor 8mm Yellow soil brick or Yellow soil board Add insulation(Inner): 30×30 |

자료: 국립산림과학원(2011.10), 산림탄소순환마을보급형 공업화 목조주택 모델 기본설계p.7

기술과 시공기술이 정밀하기 못한 여건으로 단열성능이 취약하여 냉난방 부하가 높은 상황이다. 특히, 2000년대 이후 경량목구조 주택은 경제성 및 시공성 등으로 꾸준히 증가하고 있으나, 이 주택에 관한 단열성능 등에 관한 실증적인 연구자료 및 관련 기준은 미흡한 상황이다. 이 연구는 농촌지역에 존재하는 일반 농촌주택과 경량목구조의 농촌주택의 단열성능을 실측하여 그 현실을 분석함으로써 농촌주민의 부담가능한 주거공간을 모색하는 차원에서 적정한 열성능을 지닌 저에너지형 농촌주택을 위한 시사점을 도출하고자 한다.

조사결과 농촌주택의 단열성능인 TDRi는 일반 농촌주택의 경우 전체 평균값이 0.13이고, 경량목구조 농촌주택의 경우 전체 평균값이 0에 근접한 0.02로 열손실이 적고 단열성능이 높은 것으로 나타났다. 일반 농촌주택의 경우 주로 내단열과 외단열로서 시공의 정밀성 부족으로 기밀성 및 효과성 등에 있어 한계를 확인되었으며, 경량목구조의 경우 중단열 방식으로 단열성능이나 기밀성이 우수한 것으로 확인되었다. 특히, 경량목구조 주택이 창문, 현관 및 우각부 단열성능에 있어 우수하여 전체적으로 양호한 단열성능을 보였다. 이로 인해 경량목구조의 주택이 일반 농촌주택보다 우수한 단열성능을 가지고 있음을 보여주었으며, 열환경 측면에서 경량목구조의 가능성을 확인한 것이 주요한 결과이다.

농촌주택의 경우 단열성능이 패시브주택(passive house: 에너지 고효율주택)의 수준에 이르는 최고 수준의 단열성능을 적용할 경우 비용이 매우 높아질 수밖에 없으므로 부담가능성을 고려한 비용수준과 적절한 단열수준을 충족할 수 있는 선에서 경량목구조 등 부담능력에 부합하는 건축재료와 구법을 활용한 주택 개보수 및 신축이 이루어져야 할 필요가 있다. 특히, 에너지 부하량과 건물에너지량 등의 건축물성능과 이에 따른 주거관리비용 등을 감안하여 경제적인 주택성능 계획이 필요하다.

현재의 법정 단열재 기준치만 준수하면 우리나라 기후에 적합한 단열성능을 충족한 것으로 보고 있으나, 실제 주택의 단열성능은 우각부, 결합부, 창호 및 현관 등 주택 전체에 대한 단열성능에 대한 고려가 미흡하여 보다 정교한 단열성능을 발휘할 수 있는 방안 마련이 요구된다. 이를 위해서는 「녹색건축물 조성 지원법」에 근거한 경량목구조 농촌주택의 에너지 절약형 단열 실현을 위해 건축물 열손실방지 및 건축부문 의무사항에서 기밀성 및 공법에 대한 중요성이 추가될 필요가 있다고 판단되며, 특히, 제2조(건축물의 열손실방지 등), 제6조(건축부문의 의무사항) 항목에 보완이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 분석대상이 단순한 실험실내에서의 모형주택이 아니라 농촌주민의 주생활이 이루어지는 경량목구조 농촌주택을 대상으로 그 단열성능을 실증 분석하였다는데 의미가 있다. 하지만, 경량목구조로 시공되어 건축된 실증분석 대상 표본수가 적다는 것과 열화상 촬영시기 및 촬영횟수의 한계 등이 있기에 보다 심층적인 연구가 필요하며, 적정 단열수준 등을 감안된 세부 건축계획 방안에 대한 연구도 필요하다.

- 주1. 본문에서 사용하는 경량목구조는 전통주택의 목구조를 의미하는 것이 아니라 현대의 목조주택가운데 일종의 팀버에 의한 가구식 공법으로서 Lightweight Wood-Frame Construction를 의미하고 세부적으로 플랫폼 구조(Platform Frame construction, 플랫폼구조의 경우 2층을 지을 때 별론시스템(2층을 하나의 부재로 일괄적으로 건축)과는 달리 층층이 목재를 연결하는 것을 의미한다).
- 주2. 현장조사는 열화상 촬영일자는 2014. 2. 28(신남)/ 3.1(서화)/ 3.2(합강)에 각각 진행되었다.
- 주3. $TDRi = (Ti - Tis) / (Ti - To)$, 여기에서 Ti:실내온도(°C), To:실외온도(°C), Tis(외피의 외표면온도(°C))
- 주4. 열관류율은 여러 재료로 구성된 구조체를 통한 열전달의 모든 요인을 혼합한 하나의 값/ 표면적인 1㎡인 구조체를 사이에 두고 온도차가 1°C일 때 구조체를 통한 열유율을 와트로 측정한 것으로 열관류율이 낮을수록 단열성능이 우수한 것으로 판정.
- 주5. 강재식 외 3(2009), "한국형 패시브하우스를 위한 단열

- 블럭시스템의 난방에너지소비 특성”, 김석환 외 3(2013), “경량목구조의 골조 열전도율에 따른 건물외 피 열적 성능”, 윤정숙 외 2(1998), “농촌주택의 외벽구조체에 따른 열환경성능의 비교연구”, 이건영(1976), “농촌주택의 열관리에 관한 연구”, 이소정 외 3(2012), “목구조 및 경량 스틸 구조의 외벽 열성능 평가를 통한 단일규정 개선방안 제안”, 조경민 외 2(2011), “기존농촌주택과패시브형주택의에너지요구량비교분석 : PHPP분석을 통한 주택의 기밀성 및 창호성능 분석을 중심으로”, 최정만(2012), “저에너지/패시브하우스 국내동향”, 등이 있다.
- 주6. 인제군 신남리 경량목구조(신남로171-8), 일반농촌주택(신남로171-9, 신남로158) 2014.2.28. PM7시경 인제군 합강리 경량목구조(이평로209) 일반농촌주택(이평로240, 이평로 258-6) 2014.3.02. AM8시경 인제군 서화리 경량목구조(천도로78번길24) 일반농촌주택(천도로94, 천도로92, 천도리685-3번지 2014.3.01. PM7시경
- 주7. Gyeong-seok Choe, 2010, On-site evaluation for thermal performance of building envelopes using an infrared method, Ph. D. thesis, Hanyang University.
- Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 14(12): 6504-6513.
5. Chung-sook Yoon, Eun-seon Park, Yoon-jung Choi, 1998, “Exterior Wall Construction Type and Thermal Efficiency on Rural House”, *J. Korean. Soc. Living. Environ. Sys.* 5(1): 91-99.
6. Geon-yeong Lee, 1976, “Study on Heating Control of Rural life”, *Architectural Institute of Korea.* 20(2): 7-14.
7. So-jung Lee, Bo-kyoung Koo, Jae-han Lim, Seung-yeong, 2012, “Suggestions on the Improvement Scheme of Insulation Regulation through Thermal Performance Evaluation on the Exterior Wall in Wooden or Steel Structure”, Proceedings of the Architectural Institute, Seoul: Kimdaejung Convention Center.
8. Tae-cheol Lee, Yu-nam Son, Seong-hwan Yoon, 2012, “A Study on Ventilation and Heat Transfer Coefficient of Passive Ventilation Skin”, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 24(9):679-684.
9. Kyung-min Cho, Tae-goo Lee, Joo-soo, Kim, 2011, “An Analysis of the Building Energy Demand of Rural House and Passive type House”, *Journal of the KIEAE*, 11(4):55-61.
10. Gyeong-seok Choe, 2010, “On-site evaluation for thermal performance of building envelopes using an infrared method”, Ph. D. Dissertation, Hanyang University.

인용문헌 References

1. Jae-Sik Kang, Gyoung-Seok Choi, Kwan-Seop Yang, Seung-Eon Lee, 2009, A Characteristic Heating- Energy Expend of Insulation Block System for Korea Type Passive House, Proceedings of the SAREK. Seoul: KOFST.
2. Su-ghwan Kim, Seul-gi Yu, Jung-ki Seo, Su-min Kim, 2013, Thermal Performance of Wooden Lightweight Buildings by Thermal Conductivity of Structural Members, Proceedings of the SAREK. Seoul: KOFST.
3. Bae Woong-Kyoo, Kim Owen, Jeong Dong-Seop, Yun Yong-Woo, 2014, “A study on the Survey System of a Rural Housing through the Integrated Approaching on Rural Village and Housing”, *Journal of the Korea Society of Rural Planning*, 20(1):77-89.
4. Woong-kyoo Bae, Dae-khan Joo, Dong-Seop Jeong, Yong-woo Yun, 2013, “The changing characteristics of Material and Structure of Rural Housing in the aspect of Period and Region”,

Date Received 2014-09-15
 Date Reviewed 2014-10-19
 Date Revised 2014-11-07
 Date Accepted 2014-10-19
 Final Received 2014-11-07