

지방도시근교 단독주택의 외피구성 현황에 관한 연구

- 광주광역시/전남 소규모 건축설계사무소 실무자를 대상으로 -

A Study on the Current Status of Building Envelope in detached houses of near Local Cities

- with Staff of Small-sized Architectural Design Firms in Gwangju and Jeonnam -

박성진*
Park, Sung-Jin

이창재**
Lee, Chang-Jae

Abstract

This study examined the building envelope structure used in small housings near urban area which have not good energy source in relation to the application of passive design for energy saving of small-sized architectural design firms in local cities and aimed to provide the basic materials of future design direction of designers and housing owners by analyzing economy of a project in order to know the amount of energy saving and additional expenses depending on the building envelope pattern.

As a result of comparing and examining the energy saving cost from the period of use compared to investment by the thickness of insulating materials based on building envelope pattern for energy saving, it was found that the thicker the insulating materials are, the more energy saving amount is.

While the current bead-type insulating materials have short payback period due to low initial investment, extruded insulating materials show the difference of five years compared to bead-type insulation because of its high initial investment.

키워드 : 소형주택, 외피구성, 외피단열

Keywords : Detached house, Envelope composition, Envelope insulation

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 전세계는 지구온난화에 따른 기후변화에 대응하기 위한 다양한 대응방법을 모색하고 있고, 이에 대한 대응책으로 화석에너지의 관리를 통해 기후변화에 대처하고자 하고 있다. 하지만 이에 국내에서도 국가의 사회 경제적 상황 등을 고려할 때 산업과 운송관련 에너지의 감축보다는 국가 에너지 소비량의 약 23%, 국가 온실가스 배출량의 약 25% 이상을 차지하고 장기적으로는 선진국 수준인 40%까지 온실가스 배출증가가 예상되는 현시점¹⁾에서 건축분야의 건물에너지 소비량을 줄이기 위해 다양한 연구와 정책 및 제도 등을 실시하고 있다. 이에 국내 또한 2008년 현 정부에서도 녹색성장에 대한 의지 표명 아래 녹색성장을 위한 방법을 다각적으로 모색하고 있지만 주택의 경우 수요계층의 다양함이라는 특징을 가지고 있는 특성상 에너지

절감을 위한 자체의 기준 및 제도, 제품 시장의 미활성화로 기존 건축 초기투자비용보다도 더 많은 비용을 지불하게 됨에 따라 소형주택의 실질적 공사를 담당하는 업체 및 건축주들이 필요성을 느끼지 않고 인식의 변화 또한 더디고 있는 실정이다. 특히 현재 건축설계분야에서도 국내 설계시장의 수익 구조상 특수성을 고려한 정량적 기준에 의한 설계보다는 그간의 경험치에 의한 정성적인 설계가 주를 이루고 있어 에너지 저감에 대한 보급 및 인식에 어려움이 있다고 볼 수 있다.

또한 관련 연구분야에서도 건축물 에너지 저감과 관련한 다양한 친환경 제도와 기술연구 그리고 건축물 구성요소별로 다양한 기술적 연구 등이 진행되었고, 일정이상의 성과를 가져왔음은 부정할 수 없다 하지만 이들 결과는 제도 및 기술과 관련한 선도적 연구 결과들로서 건축물의 에너지 관련 규제가 공공건축물이나 공동주택에 비해 미비한 중산층이하의 거주로 이루어지는 지방도시근교 소형주택들의 경우 이들 기술을 적용하기에는 현실적, 경제적 무리가 있는 실정이다.

그래서 지방 소규모 설계시장의 경우 에너지 저감 관련 각종 법적 최소기준에 대한 충족된 설계를 할 뿐 적극적인

* 주저자, 조선대 건축학부 겸임교수 (jini1157@naver.com)
** 교신저자, 한국건설기술연구원 연구원 (volgary@kict.re.kr)
1) 김경은, 친환경건축설계전문가 양성 정규과정-녹색건축추진 방향, 대한건축사협회, 2012.

설계가 다양한 변수에 의해 이루어지지 못하고 있다. 물론 유럽의 경우 패시브하우스라는 사례가 있기는 하지만 이들 기준의 경우 현재의 국내 건축시장 특히 소형주택의 경우에는 시공비의 현실적 괴리 때문에 이에 대한 적용이 쉽지 않은 상황이다.

따라서 국내의 친환경 에너지 저감형 자재 및 제품 시장의 활성화가 이루어지기 이전의 과도기적 상황인 현재의 여건과 현황을 고려한 적절한 대안을 모색하는 것도 추후 친환경 주거를 보급하는데 하나의 방법일 것이다.

이에 본 연구에서는 지방도시 소규모 건축사사무소의 실무자들을 대상으로 패시브디자인에 있어서 주요한 기술 중 하나인 외피구성의 실제적 설계현황을 조사한 후 그 결과를 바탕으로 현재 사용되는 외피구성방식별 단열성능향상 범위안에서 각각의 열적, 경제적 적정성을 파악함으로써 추후 소형주택 설계 관련 기초자료를 제공하고자 함을 본 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 광주광역시 경계부 인접 시·군의 건축허가대상이며, 약 120㎡의 규모 단독주택²⁾에 대해 일반적으로 건축설계 관련 주도적 참여가 이루어지는 광주광역시 및 인접시군의 3인 이하 소규모 건축사사무소에서 건축주와의 의견교환을 통해 설계변수 결정에 주도적 역할을 한다고 판단되는 실무경력 5년 이상인 건축사사무소 실무자를 대상으로 최근 해당 단독주택 설계시 주로 적용하는 외피 설계현황을 설문조사하였다.

이는 현재 단독주택의 경우 해당지역 건축사사무소들은 지방에 밀착된 형태로 설계활동이 이루어지고 있다. 그리고 최근 다양한 연구와 기술개발들을 통해 수 많은 에너지 절감을 위한 방안들이 있지만 실제로 단독주택의 에너지 절감을 위한 내용을 담당하고 있는 곳은 소규모 설계사무소이기 때문에 단독주택 관련 에너지 절감을 위한 근본적인 실마리는 오히려 소규모 건축사사무소가 가지고 있으며, 설계자에 의한 디자인의 실패를 파악하는 일이 이후의 새로운 개선책을 유도하는 단서가 될 것이라 생각된다.

건축물의 패시브디자인에서 가장 기본이 되는 요소는 외피의 구성이며 외피의 구성에서 가장 우선시 되는 것은 단열재의 사용이다. 그리고 외피에 있어서 창호의 경우 그 성능차에 따라 추가투자비용의 증가율이 매우 높기 때문에 적용상에 있어 가격의 현실화가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구의 설문조사는 외피 부위 중 외벽, 지붕, 최하층 바닥에 대해 최근 가장 많이 사용하는 구성에 대해 주관식으로 재료마감을 답하도록 하였다.

설문조사는 2012년 12월 1개월간 설문조사를 통해 조사하였으며 총 설문지를 150부를 배포하고, 이중 유효한 설문지는 108부 추출하였다.

그리고 설문에 대한 분석은 Excel을 사용하여, 빈도분석, 평균값 분석을 하였다.

2) 단독주택의 적용대상을 선정하기 위하여 「건축법」 제2조 제2항, 「건축법시행령」 제3조의4(용도별 건축물의 종류) 별표1의 단독주택 정의된 용도 중 단독주택을 본 연구의 대상으로 한다.

본 연구의 대상인 단독주택은 도시근교 도시가스가 공급되지 않고, 기름보일러를 사용하는 약 120㎡의 규모의 단층형 단독주택으로 한정하였고, 건축물 형태와 외피 마감재의 경우 여타 건축물에 비해 그 다양함을 보이고 있는 관계로 추가적으로 외벽체의 경우는 마감재, 지붕의 경우는 지붕의 형태와 지붕마감재를 고려하였다. 그리고 최하층의 바닥은 공히 온수난방시스템을 사용하고, 있기에 단열재의 종류와 두께만을 고려하였다.

또한 조사결과 가장 많은 빈도를 보이는 건축물 외피의 각 부위별 단열재 종류와 두께를 기준으로 조사된 단열두께 범주 안에서 증가되는 단열재의 추가비용과 난방에너지 절감량³⁾을 고려하여 이들 추가 비용의 회수 여부에 대해 현재가치지수를 반영하여 분석하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 패시브디자인의 개념

패시브의 사전적 의미로는 수동, 피동, 소극적이라는 뜻을 가지고 있다. 그 뜻을 건축적 디자인 측면에서 의역하자면 궁극적으로 유한에너지의 소비적인 이용과 부가적인 환경오염 없이 에너지절감을 목적으로 태양과 바람 비 등 자연 그대로의 에너지를 대지의 특성, 위치, 형태, 방향, 방위, 높이, 식물의 식재와 수공간 등 기후 환경과 건물의 자재, 단열, 창호, 환기 통풍, 재활용 및 인간과 내부 가전기기의 발열을 고려하여 빛과 열, 기류, 우수 등을 자연스럽게 최대한 받아들이고 차단 조절 이용함으로써 가급적 액티브한 고효율 설비나 장치의 의존 없이 에너지 사용량을 최소화시키고 동시에 쾌적한 실내환경을 조성하고자 하는 의미를 지닌다.⁴⁾

다시 말해 패시브디자인은 태양열, 태양광, 바람 등의 미시기후의 원리를 설계단계에서 디자인에 적용하여 건축물의 냉난방 부하를 저감시킴과 공간의 쾌적성을 향상시키는 기법이다. 이에 반해 액티브디자인은 보다 적극적으로 자연에너지를 물리적 시스템에 연계하여 건축물에 적용하는 기법이다.

즉 패시브 디자인은 자연의 요소만으로 설계하며 다른 기계적 시스템을 사용하지 않고 원리를 중심으로 디자인에 포함시켜 설계하는 기법이며 액티브디자인은 이러한 원리를 제품화하여 시스템으로 만들어서 건축물에 사용하는 디자인이다.⁵⁾

그래서 일반적으로 에너지 저감을 위한 방법으로 패시브한 방법의 사용을 우선시하고 추가적으로 부족한 부분들에 대한 내용을 액티브 디자인으로 보완해가는 접근방법이 일반적이다.

3) 본연구에서 패시브디자인과 관련 단열성능 향상을 중점으로 연구를 진행하였고, 후속설비에 의한 냉난방을 배제한 난방에너지 요구량을 기준으로 하였기 때문에 난방 에너지 절감량(Heating energy savings)을 통해 열적 경제적 적정성을 분석하였다.

4) 권오현, 국내패시브 하우스의 건축적 특성, 충북대석론, 2010.

5) 대한건축사협회, 친환경건축설계전문가 양성 정규과정-패시브건축에너지 절감 전략, 2012.

2.2 외피구성에 있어서의 단열재 기준

건축물의 패시브디자인과 관련하여 일반적으로 배치 및 대지활용계획, 건축물 형태 및 단면계획, 공간프로그램 및 실내계획, 외피계획, 조경계획 패시브건축물의 주된 계획요소로 볼 수 있다.⁶⁾

이중 외피성능을 최대도로 확보하는 것은 통상적인 설계방식에서도 충분히 수행할 수 있는 것이고 에너지 절감전략 수립에서 가장 기본적인 전략은 외피선용 최대화다. 세계 각국이 불투명자재들의 열관류율과 투명자재들의 태양열 획득계수에 관한 규정들을 제정하고 있는 것은 외피성능이 건축물의 에너지 성능에 있어서의 보편성을 반증한다.⁷⁾

일반적으로 외피최적화에 있어 건축물의 형태와 창호크기 등의 최적화, 건축물 내부의 열 유지와 과열방지에 대한 단열, 열획득과 자연채광 활용이라는 측면에서의 상호성능부분으로 크게 볼 수 있다.

이들 내용의 현실적용과 관련하여 건축물의 형태와 창호의 크기 등은 건축주의 개인적 취향이나 거주 특성 등의 다양한 변수들에 의해 변화 가능한 내용이고, 열획득 및 자연채광과 관련한 창호의 경우는 비용적 문제가 걸림돌이 되고 있다 하지만 열 유지와 과열방지를 위해 단열성능의 보강의 경우 가장 적은 추가비용으로 온도를 관리할 수 있는 용이한 방법으로 볼 수 있으며 국내 건축시장의 여건을 고려할 때 최우선적 고려사항으로 볼 수 있다.

이에 국외 사례 중 패시브디자인의 실질적 상용화를 이룬 독일의 패시브하우스에서 다루어지는 외피구성의 부위별 단열기준과 국내의 외피관련 부위별 단열기준을 비교해보면 확연한 차이를 볼 수 있다. 특히 국내의 일반 주거용 건축물 단열기준은 패시브하우스의 단열기준에 크게 미치지 못함을 알 수 있다.

표 1. 국내외 외피단열 기준비교

구분	패시브하우스	국내 (남부지역)	국내 (건축물에너지 절약기준)
단열 기준	벽체	$U \leq 0.15W/m^2K$	$U \leq 0.45W/m^2K$
	창틀, 문	$U \leq 0.8W/m^2K$	$U \leq 2.7W/m^2K$
	지붕	$U \leq 0.15W/m^2K$	$U \leq 0.24W/m^2K$
	바닥	$U \leq 0.15W/m^2K$	$U \leq 0.35W/m^2K$

따라서 본 연구의 대상이 중산층이하가 거주하는 지방도시근교의 단독주택임을 고려할 때 패시브디자인과 관련하여 과도기적인 국내 관련 자재시장의 현실을 고려할 때 현실적으로 적정비용을 투자해서 가시적인 성과를 거둘 수 있는 단열성능의 향상을 중심으로 이들의 성능향상에 대한 열적 경제적 적성성을 검토해 보는 것도 의의가 있는 것이라고 생각된다.

6) 국가건축정책위원회, 건축물 패시브 디자인 가이드라인 및 평가체계 개발 연구, 국가건축정책위원회, 2012.

7) 이병연, 친환경건축 통합설계 프로세스에 관한 연구, 서울대박사학위논문, 2009.

3. 지방도시근교 소형주택 외피구성 현황

본 조사는 단독주택의 에너지 저감을 위한 적정 방법을 모색하기 위해 현재 광주광역시 및 인접시·군 단독주택의 외피구성에 대한 현황 파악을 위해 이들의 설계를 주로 담당하는 해당 지방도시의 소규모 건축사사무소 실무자(경력 5년 이상)들을 대상(설문부수 150부, 유효부수 108부)으로 주로 설계에 적용하는 외피구성에 대해 주관식 설문을 통해 조사하고, 이들의 자료를 정리하여 현재의 현황에 대한 내용을 분석하였다.

그 결과 먼저 외벽의 경우 외부마감이 노출콘크리트인 경우와 목조인 경우를 제외하고는 대부분 외단열 방식을 채택하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 외벽 마감재의 경우 적벽돌(50.0%)의 사용을 보였고, 다음으로 외단열시스템(20.37%)과 석재(화강석)(9.26%) 등의 순으로 분석되었다. 이는 건축주 및 설계자들 또한 자연소재의 마감재를 선호하거나 외벽마감의 비용절감을 위한 선택으로 외단열 시스템을 사용하는 것으로 판단된다.

또한 외벽 단열재의 경우는 대부분 비드법 단열재를 채택하고 있으며, 그 두께는 남부지역의 열관류율 기준의 최하값과 가까운 비드법 1종 75mm(34.26%)의 사용이 가장 많았고, 다음으로 80mm(19.44%), 100mm(12.04%), 70mm(10.19%) 등의 순으로 비드법의 70~80mm의 사용이 63.89%로 대부분인 것으로 나타났다. 그리고 일부 압출법 단열재(13.89%)의 사용이 있는 것으로 조사되었다.

지붕의 경우는 일부 구조를 제외하고는 대부분 비드법의 내단열을 채택하고 있는 것으로 나타났고, 평지붕에 무근콘크리트(57.41%)의 구성이 과반이상을 차지하고 있었으며, 다음으로 경사지붕 형태로 기와(7.41%), 아스팔트 싱글(12.97%)의 사용이 많은 것으로 조사되었다. 그리고 단열재의 사용두께의 경우는 비드법 단열재는 150mm(43.52%), 135mm(14.81%), 155mm(7.41%)의 사용이 65.74%로 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

그리고 일부 압출법 단열재의 사용은 단열재의 성능대비 두께 절감을 위한 적용으로 보인다. 그리고 지붕의 경우 시공성과 옥상부의 사용성 등과 관련하여 대부분 내단열을 채택함으로써 지붕부와 외벽체가 만나는 부위에 대한 열교현상을 최소화하고 있지 못하는 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

최하층 바닥의 경우는 대부분 외단열을 채택하고 있으며, 압출법 단열재의 사용이 높았고, 우리나라의 좌식문화의 특성상 온수난방시스템의 구성이 대부분을 차지하고 있는 것으로 파악되었다.

단열재의 사용을 살펴보면 압출법 단열재의 사용두께는 60mm(28.7%), 50mm(24.7%)의 사용비중이 높았고, 비드법 단열재는 전체적으로 낮은 사용을 보였으나 비드법의 사용중에서는 90mm(5.56%), 100mm(6.48%)의 사용비중이 상대적으로 높게 나타났다. 이는 최하층의 단열재의 경우 압축강도와 관련하여 구조적 특성에 의해 압출법 단열재의 사용이 높은 것으로 사료된다.

표 2. 단독주택의 외피 관련 설계현황(외벽, 지붕)

구분	내용	빈도	비율	
구성	벽지/석고보드/con'c/단열재/적벽돌	54	50.0	
	벽지/석고보드/con'c/단열재/석재	10	9.26	
	벽지/석고보드/con'c/단열재/외단열시스템	22	20.37	
	벽지/석고보드/con'c/단열재/적벽돌+외단열시스템	5	4.63	
	벽지/석고보드/con'c/단열재/라임스톤	5	4.63	
	내단열: 단열재/노출콘크리트	4	3.70	
	목조/단열재/징크	1	0.93	
	목조/단열재/스타코	1	0.93	
	철골/글라스울/스타코	3	2.78	
	철골/ALC조적/목재	1	0.93	
	기타	2	1.85	
	외벽	100mm(비드법)	13	12.04
		100mm(압출법)	1	0.93
90mm(비드법)		3	2.78	
90mm(압출법)		2	1.85	
80mm(비드법)		21	19.44	
80mm(압출법)		2	1.85	
75mm(비드법)		37	34.26	
75mm(압출법)		5	4.63	
70mm(비드법)		11	10.19	
70mm(압출법)		5	4.63	
50mm(비드법)		5	4.63	
기타		3	2.78	
구성		내단열: 단열재/con'c/무근콘크리트	62	57.41
	내단열: 단열재/con'c/기와	7	6.48	
	내단열: 단열재/con'c/아스팔트 청글	6	5.56	
	내단열: 단열재/con'c/강판,징크 등	7	6.48	
	내단열: 단열재(압)/con'c/무근콘크리트	6	5.56	
	내단열: 단열재(압)/con'c/기와	1	0.93	
	내단열: 단열재(압)/con'c/아스팔트 청글	8	7.41	
	철골/비드/징크	1	0.93	
	스틸/글라스울/청글	1	0.93	
	샌드위치 판넬	5	4.63	
	목재/글라스울	1	0.93	
	비드/목재/징크판넬	1	0.93	
	비드/철콘/보온판	2	1.85	
외벽	200mm(비드법)	2	1.85	
	180mm(비드법)	2	1.85	
	175mm(비드법)	1	0.93	
	160mm(비드법)	2	1.85	
	155mm(비드법)	8	7.41	
	155mm(압출법)	4	3.70	
	150mm(비드법)	47	43.52	
	150mm(압출법)	4	3.70	
	125mm(압출법)	2	1.85	
	120mm(압출법)	3	2.78	
	135mm(비드법)	16	14.81	
	130mm(비드법)	1	0.93	
	100mm(비드법)	9	8.33	
90mm(비드법)	2	1.85		
기타	5	4.63		

표 3. 단독주택의 외피 관련 설계현황(최하층 바닥)

구분	내용	빈도	비율
구성	T100온수난방/철근콘크리트/단열재	10	9.26
	T120온수난방/철근콘크리트/단열재	7	6.48
	T150온수난방/철근콘크리트/단열재	77	71.30
	T150온수난방/철근콘크리트/흡음재	11	10.19
	화강석+관널히팅/철근콘크리트/단열재	1	0.93
	기타	2	1.85
	최하층거실바닥	150mm(압출법)	1
135mm(압출법)		1	0.93
120mm(비드법)		2	1.85
100mm(비드법)		7	6.48
100mm(압출법)		2	1.85
90mm(비드법)		6	5.56
90mm(압출법)		5	4.63
80mm(비드법)		1	0.93
75mm(비드법)		1	0.93
75mm(압출법)		1	0.93
70mm(비드법)		1	0.93
65mm(비드법)		4	3.70
60mm(비드법)		10	9.26
60mm(압출법)		31	28.70
55mm(압출법)		1	0.93
50mm(비드법)		5	4.63
50mm(압출법)		26	24.70
기타		3	2.78

이상의 조사결과를 살펴보면 설계자들은 기본적으로 건축물의 외피구성에 있어 단열재의 선택 및 사용에 있어 에너지 절감과 관련된 내용보다는 최소한 법적기준에 적합한 단열재의 사용이 주를 이루는 것으로 볼 수 있으며, 또한 자재의 단가 및 구조적 상황 등에 따라 설계에 반영하는 것으로 판단된다. 즉 단열재에 대한 특별한 기준이나 적용 대비 효과 등과 같은 내용이 없는 관계로 설계자들은 법적 기준에 대한 준수 또는 경험적, 정성적인 방법으로 단열재의 두께를 선택하여 해당 건축부분에 적용하는 것으로 판단된다.

4. 도시근교 소형주택 외피구성에 따른 적정성 평가

4.1 외피구성별 조건 및 열관류를 분석

본 연구는 건축물 외피 단열성능 관련 최상 조건과 성능에 대한 연구가 아닌 국내 건축시장의 현황을 고려하여 지방도시근교 단독주택에서의 사용현황을 기준으로 그간 정성적 판단, 법적 최소기준 충족에 의해 외피구성이 결정되고, 있는 현황에 대해 현재의 상황이 반영된 경제적 적정성을 고려한 정량적 판단기준을 검토하고자 연구를 진행하였다.

다음 <표 5>는 설계현황조사에서 사용빈도가 높은 외피구성에 있어서 외벽체의 경우 마감재 사용과 단열재의 종류와 두께, 지붕의 경우는 지붕의 형태와 단열재의 종류와 두께, 최하층바닥의 경우 단열재의 종류와 두께를 고려하여 사용빈도가 높은 구성을 정리한 것이다.

외피성능의 향상에 따른 에너지 절감량과 초기투자비용 대비 적정성을 검토하기 위한 적용현황에 대한 결과를 바탕으로 주로 사용되는 단열두께와 종류를 고려하여 작성한 평가조건, 실내·외 표면열전달저항⁸⁾은 건축물 에너지 절약 설계기준을 적용하였다.

표 4. 적정성 평가 외피구성 설계조건

구 분	구 성	열전도율	단열두께mm	
			비드	압출
외벽	적벽돌 90mm	0.78	75 75 80 90 100 110	70 75 80 90 100 110
	공기층 20mm	-		
	단열재	-		
	철근콘크리트 180mm	2.3		
	석고보드 9.5mm	0.18		
	종이벽지 0.5mm	0.17		
	화강석 30mm	3.3		
	공기층 15mm	-		
	단열재	-		
	철근콘크리트 180mm	2.3		
	석고보드 9.5mm	0.18		
	종이벽지 0.5mm	0.17		
	수지몰탈 5mm	0.7		
	단열재	-		
철근콘크리트 180mm	2.3			
석고보드 9.5mm	0.18			
종이벽지 0.5mm	0.17			
지붕	기와 16mm	0.75	150 155 160 175 180 200	120 125 150 155
	공기층 45mm	-		
	방수쉬트 0.2mm	0.27		
	합판 24mm	0.15		
	공기층 50mm	-		
	시멘트 몰탈 20mm	1.4		
	철근 콘크리트 150mm	2.3		
	단열재	-		
	무근콘크리트 90mm	1.6		
	철근 콘크리트 150mm	2.3		
	단열재	-		
	아스팔트 씬글 4.5mm	0.09		
	아스팔트 루핑 2mm	0.09		
	합판 12mm	0.15		
공기층 30mm	-			
시멘트 몰탈 20mm	1.4			
철근 콘크리트 150mm	2.3			
단열재	-			
최하층 바닥	시멘트 몰탈 60mm	1.4	60	60
	경량기포콘크리트 90mm	1.3	70	75
	철근콘크리트 150mm	2.3	80	90
	무근콘크리트 50mm	1.6	90	100
	단열재	-	90	100
	PE 0.2mm/잡석 150mm	0.22	100	135
		2.0	120	150

표 5. 실내외 표면열전달저항

구 분	실내표면 열전달저항Ri [단위:m ² ·K/W]	실외표면열전달저항Ro [단위:m ² ·K/W]	
		외기 간접	외기 직접
거실의 외벽	0.11	0.11	0.043
최하층 거실 바닥	0.086	0.15	0.043
지붕	0.086	0.086	0.043

8) 국토해양부, 건축물의 에너지절약 설계기준, 국토해양부고시 제 2010-1031호

그리고 부위별 사용빈도가 높은 외피구성에 대한 열관류율값은 에너지관리공단에서 제공되는 열관류율 계산 프로그램을 통해 계산하였고, 그 결과는 다음과 같다.

외벽체의 경우 적벽돌, 화강석, 외단열시스템의 마감구성 순으로 낮은 열관류율 값을 보였고, 지붕의 경우는 경사지붕의 형태에서는 기와, 아스팔트 씬글, 평지붕의 순으로 낮은 열관류율 값을 보임을 알 수 있었다. 최하층 바닥의 경우는 단열재의 종류 따라 압출법, 비드법 단열재의 순으로 낮은 열관류율 값을 보였다.

표 6. 외피구성별 열관류율(W/m²·°C)

구 분	단열재 두께	적벽돌	화강석	외단열	
외벽	비드	75mm	0.389	0.406	0.421
		80mm	0.369	0.384	0.397
		90mm	0.335	0.347	0.358
		100mm	0.306	0.316	0.326
		110mm	0.282	0.291	0.299
	압출	70mm	0.335	0.347	0.358
		75mm	0.316	0.327	0.336
		80mm	0.299	0.309	0.317
		90mm	0.27	0.278	0.285
		100mm	0.246	0.253	0.259
110mm	0.226	0.232	0.237		
구 분	단열재 두께	기와	평지붕	씬글	
지붕	비드	150mm	0.211	0.226	0.217
		155mm	0.205	0.219	0.21
		160mm	0.2	0.213	0.204
		175mm	0.184	0.196	0.188
		180mm	0.18	0.19	0.184
		200mm	0.163	0.172	0.167
	압출	120mm	0.206	0.22	0.211
		125mm	0.199	0.212	0.204
		150mm	0.169	0.178	0.172
		155mm	0.164	0.173	0.167
구 분	단열재 두께	비드법	단열재 두께	압출법	
바닥	60mm	0.457	60	0.376	
	70mm	0.406	75	0.313	
	80mm	0.365	90	0.268	
	90mm	0.331	100	0.244	
	100mm	0.303	135	0.187	
	120mm	0.26	150	0.17	

4.2 소형 주택의 외피구성에 있어서 단열재 사용에 따른 적정성 평가

앞서 조사한 지방도시 근교 단독주택의 외피 부위별 구성 현황 중 가장 많은 사용을 보이는 단열재와 그 두께를 기준으로 에너지 절감량과 초기투자비용을 고려하여 각각의 사용에 대한 열적 경제적 적정성을 검토하고자 한다.

일반적으로 도시근교 단독주택의 경우 단층형 주거가 많고 건축허가 기준으로 볼 때 100m²를 상회하는 면적을 갖기 때문에 이를 고려하여 설정한 검토대상 건축물의 가정 규모 및 해당 주택의 기본 외피면적에 대한 내용은 다음과 같다.

표 7. 소형주택 모델의 규모 및 외피면적

구분	내용	도면
규모	지상 1층	
건축면적	118.42㎡	
연면적	118.42㎡	
외벽면적	124.38㎡	
지붕면적	143.94㎡(경사) 128.52㎡(평)	
바닥면적	128.52㎡	

다음으로 단독주택의 외피구성에서의 부위별 각각의 설계현황에 대해 단열재의 종류와 두께를 현재 사용 중인 것으로 조사된 범주 안에서 그 성능 향상에 따른 난방 에너지 절감량(Heating energy savings)의 변화를 계산 하였다. 계산은 기존 최다사용 단열재 두께를 적용한 외피구성 열관류율에서 단열성능을 향상시킨 외피구성의 열관류율의 차이에 해당 면적과의 관계를 고려하여 계산하였다.

본 연구는 소형주택의 외피구성에 관한 현황을 기준으로 설계자들의 계획시 초기적 검토를 기반으로 하였기에 특정요소에 대한 상대적 비교 검토를 하였다.

$$E_{SAVED} = (U_{old} - U_{new}) \times A \times f_t \times G_t^{(9)}$$

- E_{SAVED} = 난방 에너지 절감량(Heating energy savings)
- U_{old} = 최다빈도 사용두께 단열재를 적용한 외벽
- U_{new} = 사용두께 증가 단열재를 적용한 외벽
- A = 단열재 적용면적
- f_t = reduction factor($f_t=1$)
- G_t = 난방도시(광주광역시 기준 63)

그리고 계산된 난방 에너지 절감량에 도시근교의 경우 일반적으로 도시기반시설의 미비로 기름보일러의 사용이 대부분인 관계로 실내난방유의 kwh당 단가(현재 전국 실내난방유가격이 L당 1300원대를 유지함으로 1350원을 기준으로 하였음)를 적용하여 절감액을 산출하였다.

다음으로 초기투자비용은 단열재와 관련하여 원래는 체적에 의한 단가 이지만 편의상 면적당 단가로 환산한 실질 견적을 참고하여 재료비와 노무비를 산출하였으며, 2013년 2월 물가정보를 기준으로 하였다.

표 8. 초과투자비용 견적 기준 (2013년 2월 기준)

품명	규격	단위	재료비 단가	노무비 단가
비드법1종	1mm	㎡	89.5	-
	10mm	㎡	895	-
압출법	1mm	㎡	140.1	-
	10mm	㎡	1,401	-
타설부착	벽	㎡	-	4,603.28
	천정	㎡	-	3,797.706
깔기	바닥	㎡	-	930.936

절감액에 대해서는 현재가치지수를 적용하여 사용기간 5년, 10년, 15년, 20년에 대해 부위별로 구성항목에서 단열재의 성능 향상에 따른 투자비대비 사용기간에 따른 절감비용을 비교 검토하였다. 그리고 본 연구에서 적용한 명목

이자율은 한국은행 2012년 평균 예금금리인 3.43%를 적용하였다.

$$B = 1 - (1+P)^{-n} / P^{10}$$

- B = 현재가치지수
- P = 명목이자율
- n = 사용기간

표 9. 단열재성능 향상에 따른 연간 난방 에너지 절감액

구분		Esaved (kWh/m²a)	연간 절약 에너지(원)	초기 투자비용(원)
외벽	적벽돌 (비드법)	75mm-80mm	156,719	55,660
		75mm-90mm	423,141	166,982
		75mm-100mm	650,383	278,304
		75mm-110mm	838,446	389,626
	화강석 (비드법)	75mm-80mm	172,391	55,660
		75mm-90mm	462,321	166,982
		75mm-100mm	705,235	278,304
		75mm-110mm	901,133	389,626
	외단열 (비드법)	75mm-80mm	188,063	55,660
		75mm-90mm	493,664	166,982
		75mm-100mm	744,414	278,304
	적벽돌 (압출법)	70mm-75mm	148,883	92,727
70mm-80mm		282,094	174,259	
70mm-90mm		509,336	348,518	
70mm-100mm		697,399	522,777	
70mm-110mm		854,118	697,037	
화강석 (압출법)	70mm-75mm	156,719	92,727	
	70mm-80mm	297,766	174,259	
	70mm-90mm	540,680	348,518	
	70mm-100mm	736,578	522,777	
외단열 (압출법)	70mm-75mm	172,391	92,727	
	70mm-80mm	321,274	174,259	
	70mm-90mm	572,024	348,518	
	70mm-100mm	775,758	522,777	
지붕	기와 (비드법)	150mm-155mm	54,409	64,412
		150mm-160mm	99,750	128,825
		150mm-175mm	244,842	322,065
		150mm-180mm	281,115	386,478
		150mm-200mm	435,275	644,131
	평지붕 (비드법)	150mm-155mm	54,852	57,512
		150mm-160mm	101,867	115,025
		150mm-175mm	235,078	287,563
		150mm-180mm	282,094	345,076
	아스팔트 형글 (비드법)	150mm-200mm	423,141	575,127
		150mm-155mm	63,478	64,412
		150mm-160mm	117,887	128,825
150mm-175mm		262,978	322,065	
아스팔트 형글 (압출법)	150mm-180mm	299,251	386,478	
	150mm-200mm	453,411	644,131	
	120mm-125mm	63,478	100,830	
	120mm-150mm	335,524	604,980	
최하층 거실 바닥	비드법	120mm-155mm	380,865	705,810
		120mm-125mm	62,688	90,028
		120mm-150mm	329,110	540,169
		120mm-155mm	368,289	630,198
압출법	120mm-125mm	63,478	100,830	
	120mm-150mm	353,661	604,980	
	120mm-155mm	399,002	705,810	
	60mm-70mm	412,935	55,746.2	
비드법	60mm-80mm	744,902	230,050	
	60mm-90mm	1,020,192	345,076	
	60mm-100mm	1,246,901	460,101	
	60mm-120mm	1,595,062	690,152	
압출법	60mm-75mm	510,096	270,084	
	60mm-90mm	874,450	540,169	
	60mm-100mm	1,068,772	720,226	
	60mm-135mm	1,530,288	1,350,424	

9) Passivhaus Institute, Passive House Design - Summary Economics, PHI, 2004, pp7-11.

10) Passivhaus Institute, Passive House Design - Economic Passive House, PHI, 2004, pp35-36.

지방도시 근교 소형주택의 외피구성 특성별 단열재 두께 증가에 의한 난방에너지 절감량 및 절감액과 초기투자비용 대비 사용기간에 따른 절감비용을 비교 검토해 본 결과 일반적인 내용과 동일하게 전체적으로 단열재의 두께가 증대 될수록 절감액은 증가하지만 초기투자비용의 회수 후 절감액의 증가율은 각각의 구성에 따라 차이를 보이는 것으로 나타났다.

먼저 외벽의 구성에서 마감재별 비드법 단열재의 두께에 따른 절감액의 차이를 살펴보면 기본적으로 5년 사용시 모든 마감재별로 초기투자비용 회수 후 절감액의 증가를 보이고 있는 것으로 분석되었고, 외단열시스템 50%~106%, 화강석 41%~89%, 적벽돌 31%~72%의 단열성능 변화별 각각의 절감액 비율이 보였다.

표 10. 단열성능향상과 투자비 대비 사용기간별 절감비율(%)

구분	비드법(mm)	5년				10년				
		5년	10년	15년	20년	5년	10년	15년	20년	
적벽돌	75-80	172	317	440	544	70-75	98	181	251	310
	75-90	155	286	396	489	70-80	99	182	253	313
	75-100	143	263	365	451	70-90	89	165	228	282
	75-110	131	242	336	416	70-100	81	150	208	258
	-	-	-	-	-	70-110	75	138	191	237
화강석	75-80	189	349	484	598	70-75	103	190	264	326
	75-90	169	312	433	535	70-80	104	193	267	330
	75-100	155	286	396	489	70-90	95	175	242	300
	75-110	141	261	361	447	70-100	86	159	220	272
	-	-	-	-	-	70-110	79	146	202	250
외단열	75-80	206	381	528	652	70-75	114	209	291	359
	75-90	181	333	462	571	70-80	113	208	288	356
	75-100	163	301	418	516	70-90	100	185	256	317
	75-110	150	276	383	474	70-100	91	167	232	287
	-	-	-	-	-	70-110	83	153	213	263
기와	150-155	52	95	132	163	120-125	38	71	98	122
	150-160	47	87	121	150	120-150	34	62	87	107
	150-175	46	86	119	147	120-155	33	61	84	104
	150-180	44	82	114	140	-	-	-	-	-
	150-200	41	76	106	130	-	-	-	-	-
평지붕	150-155	58	107	149	184	120-125	43	78	109	134
	150-160	54	100	138	171	120-150	37	69	95	118
	150-175	50	92	128	158	120-155	36	66	91	113
	150-180	50	92	128	158	-	-	-	-	-
	150-200	45	83	115	142	-	-	-	-	-
싱글	150-155	60	111	154	190	120-125	38	71	98	122
	150-160	56	103	143	177	120-150	36	66	91	113
	150-175	50	92	128	158	120-155	35	64	88	109
	150-180	47	87	121	150	-	-	-	-	-
	150-200	43	79	110	136	-	-	-	-	-
최하층바닥	60-70	219	404	561	693	60-75	115	213	295	365
	60-80	198	365	506	625	60-90	99	182	253	313
	60-90	181	333	462	571	60-100	91	167	232	287
	60-100	166	305	423	523	60-135	69	128	177	219
	60-120	141	260	361	446	-	-	-	-	-

외벽에서 압출법 단열재를 사용한 경우 마감재별로 대부분 10년 사용시 초기투자비용 회수 후 절감액의 증가를

보였고, 외벽 마감재별 절감액 비율은 외단열시스템 53%~109%, 화강석 46%~90%, 적벽돌 38%~81%임을 알 수 있었다. 그리고 외단열시스템의 경우 75mm(14%)와 80mm(13%)로의 단열재 두께 증가시 5년 사용시 초기투자비용 회수 후 절감액의 증가를 보임을 알 수 있었다.

다음으로 지붕에서는 비드법 단열재 성능증가에 따라 전반적으로 15년 사용시 초기투자비용 대비 사용 후 절감액 비율이 증가하는 것으로 나타났다.

그리고 지붕의 형태와 마감재별로 초기투자비용 회수 후 절감액 증가율을 살펴보면 기와지붕 6%~32%, 평지붕 15%~49%, 아스팔트 싱글 지붕 10%~54%로 분석되었고 특히 아스팔트 싱글 지붕의 경우 155mm, 160mm로 단열 성능 증가될 경우 10년 사용시 각각 3%와 11%의 절감액 증가율을 보였다.

지붕에서 압출법 단열재의 성능 증가시는 기와지붕 4%~22%, 평지붕 13%~34%, 아스팔트 싱글 지붕 19%~22%로 20년 사용시 전반적으로 초기투자비용 회수 후 절감액의 증가를 보이는 것으로 나타났으며, 일부 평지붕에서는 단열재를 125mm로 증가할 때 15년 사용시 9%의 증가율을 보이는 것으로 분석되었다.

다음으로 최하층 바닥의 경우 비드법 단열재의 성능 증가에 따라서는 5년 사용시 41%~119%의 초기투자비용 회수 후 절감액의 증가율을 보였고 압출법의 경우는 10년 사용시 28%~113%의 증가율을 보임을 알 수 있었다. 그리고 일부 압출법에서 단열재를 75mm로 증가시켰을 때 5년 사용시 15%의 초기투자비용 회수 후 절감액의 증가 비율을 보이는 것으로 나타났다.

현재 비드법 단열재의 경우 초기투자비용이 낮음으로 인해 회수후 절감액의 증가 비용 기간이 짧은 반면 압출법 단열재의 경우는 초기투자비용이 비드법 단열재에 비해 높음으로 회수기간이 전반적으로 비드법에 비해 약 5년 정도의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

이상을 종합해보면 기본적으로 현재의 단열관련 최소기준에서 노무비의 증가 없이 단열성능을 증가시켰을 경우 특히 지붕부를 제외하고는 비드법 단열재의 경우 초기투자비용에 대한 회수가 5년에서 10년 이내에 가능하다는 것이다 따라서 이는 추후 설계시 건축설계 및 시공상의 특수한 상황이 아닌 경우 단열재의 성능증가 및 추가투자는 전반적으로 에너지적으로나 비용적으로 유리한 것으로 판단된다.

하지만 단열재의 종류별 사용이 가격에 의해서만 이루어지는 것이 아닌 적용 부위 건축적 및 외기 환경별 특성에 따라 선정되는 것이기에 본 연구에서는 압출법과 비드법 간의 회수기간에는 큰 의미를 부여하지 않았다.

상기의 분석은 에너지원의 인상률에 대한 적용이 빠진 계산으로 향후 에너지원의 가격 상승률과 관련 자재시장의 활성화로 인한 단열재의 단가가 낮아짐을 고려한다면 회수기간이 감축될 것으로 보인다.

또한 본 연구에서는 단열재의 두께에서 패시브하우스 등 저에너지 관련 주택들과 같은 고단열에 대한 고민을 하지 않고 현재의 현황을 기준으로 연구한 것은 외벽의 경우 100mm 이상이 될 경우 시공상의 추가비용이 발생하고 이로

인해 회수율의 감소를 가져오기 때문에 현재 서민층들의 주택공급가격을 벗어나는 경향이 있다. 따라서 현재의 소형주택의 일반적 시공을 기준으로 하여 사용될 수 있는 범주 내에서의 단열재 두께에 대한 그 적정성을 검토하였다.

5. 결론

본 연구는 에너지원의 공급이 취약한 지방 도시근교 단독주택들의 외피구성 현황을 지방 소규모 건축설계사무소 실무자를 통해 파악하고, 그 현황의 범주 안에서 외피 단열의 종류와 두께 변화에 따른 에너지 절감량 및 절감액 그리고 초기 투자비용대비 사용기간에 따른 에너지 절감액을 고려한 투자비 회수가능성에 대한 분석을 하였다.

먼저 지방 도시근교 단독주택들의 경우 외피구성 관련 설계현황을 살펴보면 외벽마감은 대부분 적벽돌과 외단열시스템의 외단열 방식이 주를 이루었고, 단열재는 비드법 1종으로 75mm~80mm의 사용이 주를 이루고 있는 것으로 조사되었다.

지붕의 경우는 대부분 평지붕형태의 비중이 높았고 마감은 무근콘크리트, 다음으로 경사지붕에서 아스팔트 싱글, 기와가 일부 사용되며, 단열방식은 모두 내단열을 사용하고 있는 것으로 조사되었으며, 단열 성능은 비드법 1종의 135mm~155mm의 사용이 주를 이루고 있었다.

최하층 거실바닥의 경우는 대부분 외단열 방식을 사용하고 있으며 압출법 단열재 50mm~60mm의 사용이 과반 이상을 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

다음으로 외피구성 부위별 단열성능의 증가를 통해 초기투자비용 회수 후 에너지 절감액 비율을 살펴본 결과 현재 부위별로 가장 많이 쓰이는 단열재 두께를 기준으로 노무비의 추가 없이 설계현황 조사에서의 사용 범주 내에서 단열재의 두께를 증가 시켰을 경우 외벽의 경우 비드법 1종 단열재의 경우 5년에서 압출법 단열재의 경우는 10년 사용시 초기투자비용의 회수 후 절감액 증가를 보였고, 지붕부는 비드법 1종 단열재의 경우 15년, 압출법 단열재의 경우는 20년 사용시 투자비용 회수 후 절감액의 증가율을 보이고 있었다. 그리고 최하층 바닥의 경우 비드법 1종 단열재의 경우 5년, 압출법은 10년 사용시 전반적으로 절감액의 증가를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

이에 현재 실질적인 단독주택설계 외피구성에서 단열재 반영은 대부분 현행 관련 법적최소기준에 의한 것이 대부분이다. 그러나 그 외의 단열성능을 향상시킨 경우는 건축주 및 설계자들의 인식 정도에 따라 다양하게 나타나는데, 이 또한 적용대비 효용성 및 경제적인 부분에 대한 정량적 검토에 의한 적용이라고 보기보다는 경험적이거나 정성적 판단에 의한 것으로 보인다.

따라서 지방도시 근교 단독주택의 경우 일반적으로 중산층 이하의 거주자 대부분이지만 건축주가 대부분 거주를 목적으로 하는 단독주택의 특성상 적용대비효과를 고려한 적정범주 내에서 투자의지가 기타의 건축물의 형태보다는 높다고 볼 수 있다. 하지만 건축주를 비롯한 설계자들의 경우 단열성능의 향상에 대한 효용성을 판단할 수 있는 근거

들이 없기 때문에 법적 최소기준에 주로 의존하거나 설계자의 경험 및 정성적 판단에 의존하고 실정이다. 이에 단독주택의 경우 단열성능에 대한 법적 규제강화라는 적극적 방법으로서 최소기준 제시이외에 추가 단열 성능강화시 적용대비 열적 경제적 적정성을 판단할 수 있는 가이드라인을 제시함으로써 일정부분 투자의지 있는 건축주들에게 정량적 판단을 할 수 있는 기준토대로 단열성능 관련 투자의 활성화를 이끌어 낼 수 있는 유도책이 필요할 것이다. 그리고 단열 성능향상대비 경제적 적정범위를 넘어서는 부분에 대해서는 인센티브제도 등의 도입을 통한 단독주택의 외피 단열향상을 유도하는 것이 향후 국가적인 건축물 에너지 절감정책의 활성화 및 일반화에 기반이 될 것으로 사료된다.

본 연구는 에너지 저감과 관련하여 지방 도시근교 단독주택에 있어 자연환경적 특성과 건축물 구성요소 전체를 대상으로 한 연구가 아닌 건축물의 외피구성의 특징과 단열재와의 관계에 한정되어 그 열적 경제적 적정성에 대한 상대적 검토를 진행하였다는 한계점을 가지고 있다 이에 추후에는 건축물 배치의 환경적 특성과 건축물 구성요소들을 전체적으로 반영한 확대된 연구의 진행이 필요할 것으로 고려된다.

참고문헌

1. 국가건축정책위원회, 건축물 패시브디자인 가이드라인 및 평가체계 개발 연구, 국가건축정책위원회, 2012.
2. 국토해양부, 건축물의 에너지절약 설계기준, 국토해양부고시 제2010-1031호
3. 김경은, 친환경건축설계전문가 양성 정규과정-녹색건축추진방향, 대한건축사협회, 2012.
4. 이병연, 친환경건축 통합설계 프로세스에 관한 연구, 서울대학사하위논문, 2009.
5. 이윤하, 친환경건축설계전문가 양성 정규과정 - 패시브하우스, 2012.
6. 이가영, 공동주택의 패시브요소 적용에 따른 에너지 성능평가에 관한 연구, 중앙대석사학위논문, 2011. 8.
7. 조경민, 이태구, 김주수, 기존 농촌주택과 패시브형 주택의 에너지 요구량 비교분석, 한국생태건축학회논문집, 11권 4호, 2011. 8.
8. 홍도영, 패시브하우스 설계 & 시공 디테일, 주택문화사, 2012.
9. Dr. Wolfgang Feist, 2007, Passive House Planning Package, 2007.
10. Passivhaus Institute, Passive House Design - Economic Passive House, PHI, 2004.

투고(접수)일자: 2013년 2월 28일

수정일자: (1차) 2013년 4월 11일

(2차) 2013년 4월 21일

게재확정일자: 2013년 4월 21일