

## 남부지역 주거건물의 외피단열변화에 따른 에너지소비량 예측

### Prediction of the Amount of Energy Consumption by Variation in Envelope Insulation on a Detached House in Southern Part of Korea

문진우\*  
Moon, Jin-Woo

한승훈\*\*  
Han, Seung-Hoon

오세규\*\*\*  
Oh, Sai-Gyu

#### Abstract

This study aimed at quantifying the impact of envelope insulation on energy consumption for thermal controls in residential buildings in southern part of Korea. A series of parametric simulations for a range of R-values of walls, roof, floor, and windows were computationally conducted for a prototypical Korean detached house. Analysis revealed that the total amount of heat gain was larger than that of heat loss, while the amount of energy for cooling was smaller than that for heating due to the difference of system efficiency; the envelope heat transfer was more significant for the heat loss, thus, the increase of the envelope insulation was more effective to reduce heating load; and there were certain levels of envelope insulation after which the energy saving effect was not significant. These findings are expected to be a fundamental database for the decision of proper insulation level in Korean residential buildings.

Keywords : Envelope Insulation, Heating and Cooling Energy, Energy Consumption

주요어 : 외피단열, 냉난방에너지, 에너지소비

#### 1. 서론

우리나라의 경우 건물에서 사용되는 에너지의 양은 전체 국가 에너지 소비량의 22.3%를 차지하며, 그중 51.0%는 주거건물에서 사용된다. 주거건물 에너지 사용량은 단독주택 63.0%와 공동주택 37.0%로 구성되며, 특히 주거건물에서 사용되는 에너지량 중 58.1%는 냉난방을 위하여 소비된다(지식경제부 2009, 이의준 2006). 즉, 주거건물 냉난방을 위해 사용되는 에너지는 국가 전체 에너지 사용량의 6.6%를 차지하고 있으며, 이에 따라 냉난방에너지 소비를 절감하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히 적절한 건물 외피의 단열은 냉난방에너지 소비량을 감소시키기 위한 효과적인 방법 중 하나로서, 이는 외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창 등 주요 건물요소의 열 취득 및 손실 조절을 통한 냉난방부하의 감소를 유도하여 이루어질 수 있다.

이러한 배경 하에 친환경 건물외피 기술에 대한 소개와 더불어 최적의 외피 단열 구성을 위한 다각적 연구가 진행 중이며, 건물의 성능, 경제성, 그리고 환경적 측면에서 효과를 입증하고 있다(장희경 2010, 윤성환 외 2009,

오보환 외 2009, 이건호 2006, Dombayci et al. 2007, 2006, Karlsson et al. 2006, Bakos 2000, Erlandsson et al. 1996). 또한, 한국 공동주택의 외벽과 창호의 단열값 추이에 따른 부하변화에 관한 연구가 진행되었으며(임도요 2007), 국외의 경우 미국 주거건물에서의 에너지소비와 외피 단열의 관계를 2가지 기후(Cold and Hot/Humid)에 대하여 연구함으로써 적절한 정도의 단열값을 제시한 연구는 많은 시사점을 제시한다(Kim et al. 2009).

이러한 연구결과들을 바탕으로 세계 각국에선 건물 외피의 적절한 단열 기준을 제시하고 있다. <표 1>은 각 외피 요소의 제시된 열관류율( $W/m^2K$ )을 각국 수도의 기준으로 정리해 놓았다(정영선 외 2008). 한국의 경우 1979년 건축법을 통해 신축건물에 단열재를 사용토록 하는 기준을 마련하였으며, 현재는 중부, 남부, 그리고 제주도 지역으로 세분화하여 열관류율 제시하고 있는데, 이는 비슷한 기후대에 있는 외국의 경우보다 높은 수치이기 때문에 외국과 비교 시 더 많은 양의 냉난방에너지가 열 환경 조절을 위해 필요할 가능성이 있다(정영선 외 2008). 국토해양부는 이러한 상황을 개선시키기 위해 20% 강화된 시행령을 최근 공표하였으며, 주요 내용을 정리하면 <표 2>와 같다<sup>1)</sup>(국토해양부 2010).

\*정회원(주저자), 전남대학교 바이오하우징 연구사업단 연구교수, 건축학박사

\*\*정회원(교신저자), 전남대학교 건축학부 교수, 건축학박사

\*\*\*정회원, 전남대학교 건축학부 교수, 공학박사

이 논문은 2010년 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)와 바이오하우징연구소의 지원을 받아 수행된 연구임.

1) 국토해양부(2010). 고시 제2010-371호 건축물의 에너지절약설계 기준 개정 고시. 국토해양부 건축기획과. 에너지성능지표에서 각 항목 당 1점을 획득키 위한 단열기준이며, 단독주거건물의 외기에 직면한 외피에 대한 값. 최하층 바닥의 경우 바닥 난방을 전제로 산정.

건물외피의 적절한 단열을 통해 겨울철 열 손실과 여름철 열 취득을 감소시킬 수 있다는 점은 논쟁의 여지가 없으며, 이를 위한 다양한 연구와 국내외적인 가이드라인 존재하고 있다. 앞에서 살펴 본 국토해양부의 강화된 기준도 에너지 측면, 환경적 측면, 경제적 측면에서 이상적인 건물 단열 정도 및 방법을 찾기 위한 과정으로 볼 수 있다(정영선 2008, MICA 2006, ASHRAE 2004a, b).

표 1. 주거건물에 대한 외피 단열기준(국외)

국가	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)			
	외벽	지붕	최하층바닥	창
스웨덴	0.1~0.2	0.1~0.2	0.1~0.2	1~1.5
러시아	0.1~0.2	0.1~0.4	0.1~0.4	1.5~3.5
노르웨이	0.2~0.3	0.1~0.2	0.1~0.2	1~1.5
덴마크	0.2~0.3	0.1~0.2	0.1~0.2	1.5~2.5
핀란드	0.2~0.3	0.1~0.2	0.2~0.3	1.5~2.0
네덜란드	0.2~0.4	0.2~0.3	0.2~0.3	1.5~2.5
영국	0.3~0.4	0.1~0.2	0.2~0.3	1.5~2.5
오스트리아	0.3~0.4	0.2~0.3	0.4~0.5	1~1.5
스위스	0.3~0.4	0.3~0.4	0.6~0.6	1~1.5
프랑스	0.4~0.5	0.2~0.3	0.3~0.4	1.5~2.5
이탈리아	0.4~0.5	0.3~0.4	0.4~0.5	2.5~3.5
독일	0.5~0.6	0.2~0.3	0.4~0.5	1~1.5
벨기에	0.5~0.6	0.4~0.5	0.6~0.6	1.5~2.5
일본	0.53~0.75	0.24~0.37	0.34~0.37	4.65
포르투갈	0.6	0.6	0.6	2~3
스페인	0.6	0.6	0.6	2.5~3.5

표 2. 주거건물에 대한 외피 단열 기준(국내)

외피요소	지역	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)	
		국토해양부령 제33조	국토해양부 개정안
외벽	중부	0.47	0.46
	남부	0.58	0.58
	제주	0.76	0.72
지붕	중부	0.29	0.12
	남부	0.35	0.15
	제주	0.41	0.18
최하층바닥	중부	0.35	0.15
	남부	0.41	0.18
	제주	0.47	0.21
창	중부	3.4	3.4
	남부	3.8	3.8
	제주	4.4	4.4

본 연구의 목적은 변동적인 단열 기준의 근거가 될 수 있도록 건물 외피 단열의 효과를 정량적으로 조사하는 데 있다. 다양한 수준의 외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창의 단열 정도 변화와 그에 따른 주거건물 에너지 소비 행태의 분석을 통해 남부지역 단독주거건물에 대한 효과적인 단열 정도를 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 시뮬레이션 툴

외피 단열 효과를 조사하기 위해 eQUEST3.63을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션 방법을 적용하였다. eQUEST3.63

시뮬레이션 툴은 US. Department of Energy(US. DOE)의 지원 하에 Lawrence Berkeley National Laboratory(LBNL)에서 개발한 DOE-2.2에 근간하여, 시각적 효과를 강조한 건물에너지 분석을 위한 프로그램이다. 이 프로그램을 통해 다양한 건물 디자인 및 시스템의 적용에 대한 에너지 성능 비교 분석이 가능하며, 현재 건물 에너지 관련 다양한 연구에 적용되어지고 있다(eQUEST 2010). 본 연구에 선 시뮬레이션 방법의 적용을 통해 대상건물의 열 취득·손실 및 연간 에너지 사용량을 계산하고, 외벽, 지붕, 바닥, 창 등 건물 외피의 각 요소에 대한 단열량 변화에 따른 냉난방 에너지량을 도출하였다.

시뮬레이션에 사용될 대상건물은 한국 주거건물에 대한 대표성을 띄도록 구성하였다. 국토해양부에서 조사한 건축물 현황 자료에 따르면 주거용 건물은 전체건물의 67.7%, 1층 건물은 64.2%를 차지하고 있으며 48.9%의 건물이 100m<sup>2</sup> 미만인 것으로 조사되었다(국토해양부 2010). 이에 근거하여 한국 주거건물의 형태를 대표할 수 있도록 단 순화시킨 가상의 건물을 <그림 1>과 같이 구성하였다. 96m<sup>2</sup>의 단층 주거건물이며, 공간구성은 85%의 주거공간, 8%의 수납을 위한 저장공간, 7%의 세탁 등을 위한 다용도실공간으로 구성하였다. 그리고 차양 장치를 설치하지 않은 15%의 창면적비, 0.35ACH의 기계 환기, 89 cfm의 침기, 4인 가족 기준 인체발열·조명·실내기기에 의한 실내부하를 고려하였다. 건물 열 환경 조절을 위하여 냉방(DX Coils)·난방(Hot Water Coils) 시스템을 설치하였으며, 냉난방을 위한 기본 설정온도는 각각 25.6°C와 20°C로 하였고 평일주간의 월~금, 오전 9시~오후 5시는 29.4°C 냉방과 15.6°C 난방으로 설정온도가 변경되도록 하였다(ASHRAE 2004a). 테스트의 기본형으로서 건물외피의 열관류율(W/m<sup>2</sup>K)은 국토해양부개정안에서 제시한 값으로 설정하였다(남부지역, 외벽: 0.58, 지붕: 0.15, 바닥: 0.18, 창: 3.8). 이를 단열값(m<sup>2</sup>K/W)으로 환산하면 각각 R1.72, R6.67, R5.56, 그리고 R0.26이다.

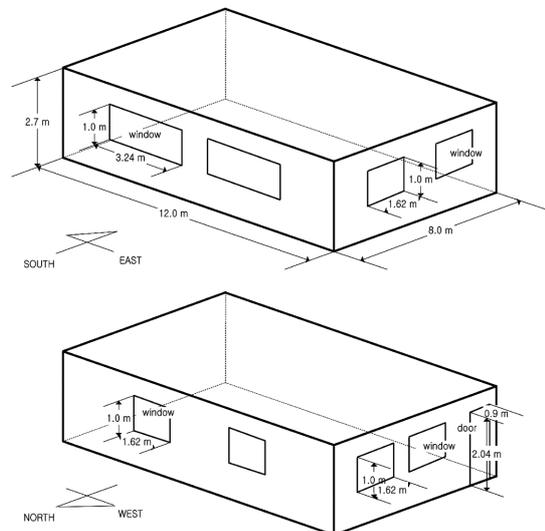


그림 1. 시뮬레이션을 위한 대상건물

기후데이터는 한국태양에너지학회에서 제시한 대한민국 표준기상데이터 중 남부지역인 광주의 것으로 사용하였으며, 이때 eQUEST 틀에 사용하기 위해 제시된 txt 파일을 bin 파일로 변환하여 사용하였다(한국태양에너지학회 2010).

다양한 수준의 외피단열과 에너지 감소 효과의 관계를 도출하기 위해 외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창 의 단열값( $m^2K/W$ ) 변화를 입력변수로 하였다. 기본형은 R1.72(외벽), R6.67(지붕), R5.56(바닥), 그리고 R0.26(창)이며, 한가지 요소의 단열값이 변할 경우 나머지 요소는 기본값으로 고정시킨 후 테스트하였다. 각 요소의 단열값 변화는 <표 3>에 정리되어 있다.

표 3. 입력변수

단열값 변화 외피요소	단열값 ( $m^2K/W$ )			
	외벽	지붕	바닥	창
외벽	1.0	6.67	5.56	0.26
	1.72			
	2.0			
	3.0			
	4.0			
	5.0			
	6.0			
	7.0			
	8.0			
	9.0			
10.0				
지붕	1.72	1.0	5.56	0.26
		2.0		
		3.0		
		4.0		
		5.0		
		6.0		
		6.67		
		7.0		
		8.0		
		9.0		
10.0				
바닥	1.72	6.67	1.0	0.26
			2.0	
			3.0	
			4.0	
			5.0	
			5.56	
			6.0	
			7.0	
			8.0	
			9.0	
10.0				
창	1.72	6.67	5.56	0.1
				0.2
				0.26
				0.3
				0.4
				0.5
				0.6
				0.7
				0.8
				0.9
1.0				

### III. 분석결과

수치계산을 실시하여 기본형에 대한 열 취득·손실, 연간에너지 사용, 그리고 외피 단열값 변화에 따른 에너지 소비 변화 관하여 분석하였다.

#### 1. 열 취득 및 손실

##### 1) 기간별 열 취득 및 손실

각 냉방(6~9월)과 난방(11~2월)시즌에 대한 열 취득 및 손실의 분석에 의하면, 남부지역인 광주 단독주거건물의 경우 열 취득량(8,396 KWh)이 손실량(-6,081 KWh)보다 큰 것으로 나타났다. 그 결과 냉방부하(7,426 KWh)가 난방부하(-2,302 KWh) 보다 더 발생하였다<그림 2>. 열 취득량과 냉방부하의 차이에 비해 열손실량과 난방부하의 차이가 큰 이유는 실제 난방부하 계산 시 태양복사열, 실내발열부하등의 고려에 의해 난방부하가 줄어들었기 때문이다. 특히 본 테스트의 경우, 창을 통한 태양복사열의 유입을 조절하기 위한 차양 장치가 고려되지 않았기 때문에, 실제 건물의 경우 적절한 실내외 차양 장치를 통한 여름철 열 취득량 감소를 적극 고려하여야 할 것으로 사료된다.

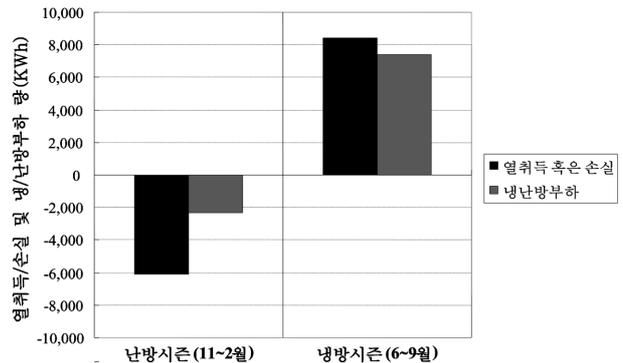


그림 2. 연간 열 취득/손실 및 냉난방부하

열 취득/손실을 부문별로 분석하면, 열취득의 경우<그림 3> 외벽, 지붕, 바닥, 창, 문 등의 외피를 통한열전도(36.3%)가 가장 주된 요소로 나타났으며, 태양복사(25.5%)와 실내발열(23.3%), 그리고 환기 및 침기(14.9%)의 순으로 나타났다. 분석에 근거하면, 완벽한 외피단열을 통해 이론적으론 2,710 KWh(총 냉방부하 7,426 KWh의 36.5%)의 냉방부하를 감소시킬 수 있을 것으로 예측된다.

열 손실의 경우<그림 4>, 외벽(33.4%), 창(31.2%), 환기 및 침기(13.0%), 바닥(11.6%), 지붕(9.3%), 문(1.4%)의 순으로 나타났다. 창을 통한 열 손실의 경우, 작은 면적(15%의 창면적비)임에도 불구하고 외벽을 통한 손실과 비슷한 양을 차지하고 있다. 이는 상대적으로 낮은 단열값에 기인하며, 추후 건물에서 적절한 용량의 단열이 요구되어진다. 건물 전체 외피측면에서 보면, 건물 외피를 통한 열 손실이 87%에 이르고 있다. 이론적으론 완벽한 외

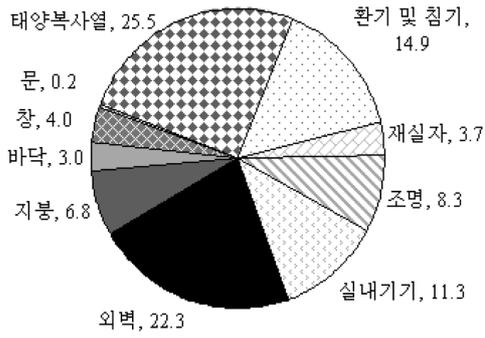


그림 3. 열 취득 요소(%)

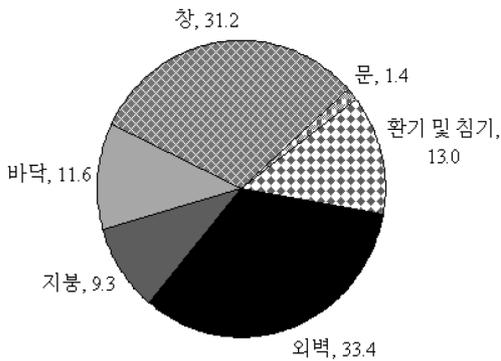


그림 4. 열 손실 요소(%)

피의 단열을 통해, 전체 난방부하의 87%(2,002 KWh)를 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

2) 최대냉난방부하일의 열 취득 및 손실

여름철 최대 냉방부하일(8월 14일)의 경우, 전체 열 취득(74.0KWh) 중 건물외피를 통한 열 취득이 38.8%(외벽 18.0%, 지붕 8.5%, 창 6.7%, 바닥 2.8%, 문 2.8%)로써 가장 큰 요소이며 난방시즌의 평균(36.3%)보다 큰 것으로 나타났다<그림 5>. 이는 최대 냉방부하일의 높은 외기온도가 건물 외피를 통한 외부로부터의 열 취득을 증가시켰기 때문이다. 그 외에 주간의 태양복사열 취득(전체의 32.1% 차지)은 냉방부하의 증가에 중요한 영향을 미치고 있음을 보여주며, 이의 적절한 제어의 필요성을 제시한다. 환기 및 침기와 재실자, 조명 및 실내기기 등의 실내 발열 또한 냉방부하로써 작용하였다.

겨울철 최대 난방부하일(1월 15일)의 경우 전체 열 손실(-66.9 KWh) 중 건물외피를 통해 85.5%(외벽 31.8%, 창 30.4%, 바닥 10.3%, 지붕 9.4%, 문 3.6%)의 열이 손실되는 것으로 나타났다. 이는 겨울철 난방부하감소를 위한 외피단열의 필요성을 보여준다<그림 6>. 이 기간 중 실내발열(13.4 KWh), 창을 통한 태양복사열 취득(13.1 KWh) 등은 난방부하 감소를 위해 긍정적으로 작용된다. 즉, 여름철에는 부정적이며 겨울철에는 긍정적 작용을 하는 태

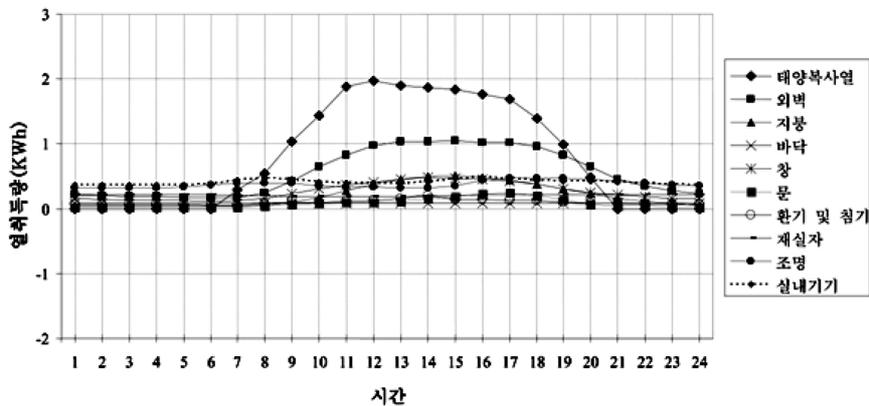


그림 5. 최대냉방부하일의 열 취득 요소(8월 14일)

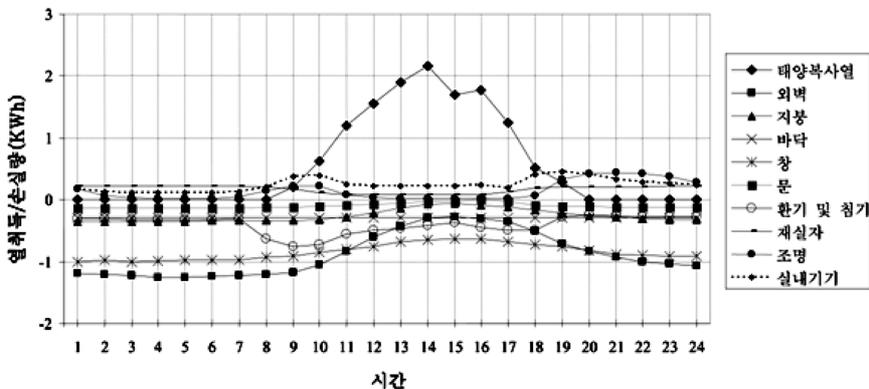


그림 6. 최대난방부하일의 열 취득/손실 요소(1월 15일)

양복사열을 조절하기 위한 적절한 수단이 요구되어지는 데, 계절별 창에 대한 태양의 Surface Solar Azimuth 및 Profile Angle을 고려한 차양 장치의 설치가 좋은 예라 할 수 있을 것이다.

3) 연간 에너지 사용

연간 에너지 사용량(12.5 MWh) 중 실내 열 환경 조절을 위하여 앞서 서론에서 제시한 58.1%와 근사한 값인 53.1%(냉방 16.6%, 난방 36.5%)의 에너지를 사용하였다 <그림 7>.

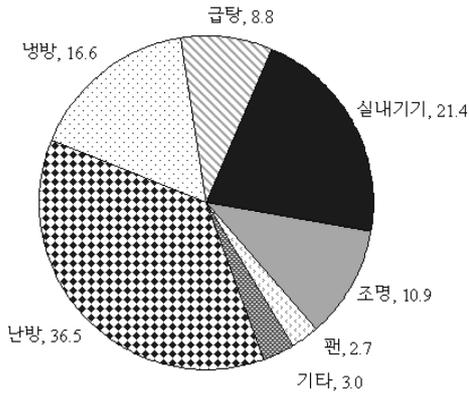


그림 7. 연간 에너지 사용 비율(%)

냉방부하량(7,426 KWh)이 난방부하량(-2,302 KWh)보다 큰 양임에도 불구하고<그림 2>, 실제 냉방을 위한 에너지 사용량은 난방에너지 사용량보다 작은 부분을 차지한다. 이는 적용된 시스템의 효율(냉방시스템: 9.7 SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio), 난방시스템: 80%효율)과 관련되어있기 때문이다. 즉 냉방에너지는 냉방부하보다 적은 양을 필요로 하는 반면, 난방에너지는 난방부하보다 많은 양을 요하게 된다.

연간 냉난방 에너지량을 건물표면 열 취득·손실과 연계시키면, 이상적인 외피단열을 통해 총에너지사용량의 37.8%(냉방에너지감소 6%=총 에너지사용량 중 냉방에너지의 양 16.6% \* 총 열 취득량 중 외피를 통한 열 취득량 36.3%, 난방에너지감소 31.8%=총 에너지사용량 중 난방에너지의 양 36.5% \* 총 열 손실량 중 외피를 통한 열 손실량 87.0%)를 절약할 수 있다는 가정을 할 수 있다. 이는 외피단열을 통한 건물에너지 성능 향상의 가능성을 보여준다.

2. 외피단열효과

외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창의 적절한 단열값을 도출하기 위해 기본형(R1.72 외벽, R6.67 지붕, R5.56 바닥, R0.26 창)을 기준으로 하여 단열값의 변화 시 연간 냉난방에너지 양의 증감 효과를 분석하였다.

1) 외벽

전체적으로 단열값이 증가함에 따라 에너지 사용 비는 감소한다. 하지만 감소 비는 선형으로 나타나지 않는데,

단열값의 증가 시 초기엔 현저한 효과를 보이지만, 그 이후에는 감소비가 줄어들었다<그림 8>. 단열값이 R1.0에서 R1.72 증가 시 에너지 사용량은 -27.8%/R의 비율로 감소하며, R1.72에서 R3.0으로 -17.8%/R의 비율로 감소한다.

하지만 그 이후 R3에서 R10까지 증가 시에는 -1.9%/R의 에너지 감소 효과가 있다.

외벽의 단열값 변화는 냉난방 에너지량에 대하여 서로 다른 효과를 가져온다<그림 9>. 난방에너지의 경우 에너지 사용비와 비슷하게 R3까지 현저한 감소량(-1,207.5 KWh/R)을 보이며 그 이후 안정화(-136.5 KWh/R)된다. 하지만, 냉방 에너지의 경우 단열값의 변화에 대해 미세한 변화량을 보였다(-16.7 KWh/R 감소). 이는 외벽의 강화된 단열값이 난방에너지 감소에는 효과적이거나 냉방에너지 감소를 위해선 그렇지 않다는 것을 의미한다.

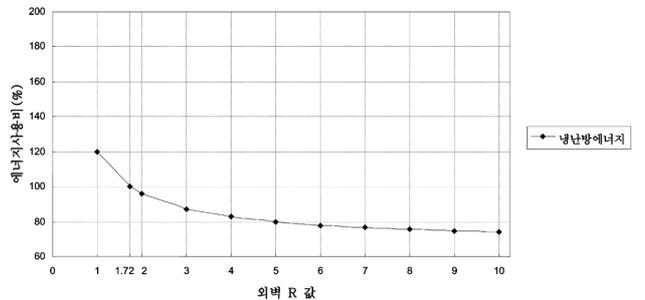


그림 8. 외벽의 단열값 변화에 따른 에너지 사용 비

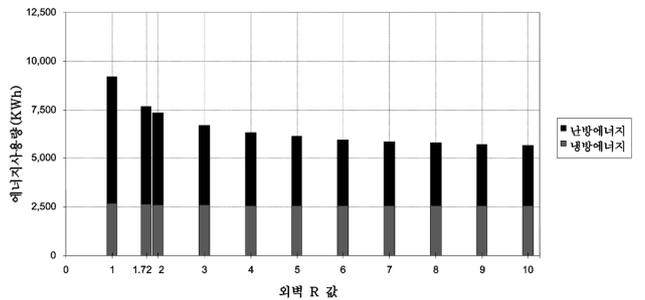


그림 9. 외벽의 단열값 변화에 따른 냉난방 에너지 소모량

2) 지붕

외벽의 경우와 마찬가지로 지붕 역시 단열값이 증가함에 따라 열 환경 조성을 위한 에너지는 감소하는 경향을 보인다<그림 10>. 하지만 그 감소율은 R1에서 R3~R4까지는 급격하지만(R1에서 R4: -16.6%/R) 그 이후는 안정화 되는 추세(R4에서 R10: -1.8%/R)를 보여준다. 이는 새로운 규정의 에너지성능지표 검토서에서 제시하는 R6.67에 대한 적정성여부의 재검토 가능성을 제시한다.

난방에너지의 경우 R4까지 평균 -1,184 KWh/R의 비율로 감소하지만 그 이후는 안정화되어 R10까지의 감소율은 -108.1 KWh/R이다. 냉방에너지의 경우는 단열값의 변화에 대한 효과가 미비하여 R1에서 R10까지의 변화 시 -36.7 KWh/R의 비율로 감소한다<그림 11>. 이는 외벽의 경우와 동일한 현상으로, 지붕 단열값과 냉방에너지 감소

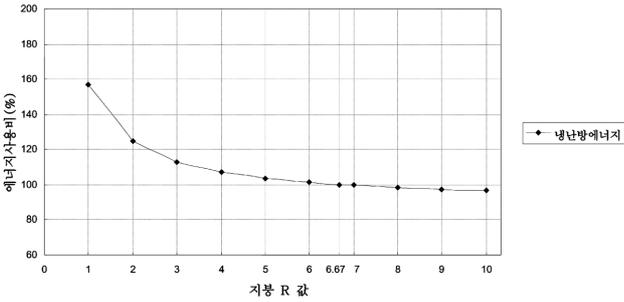


그림 10. 지붕의 단열값 변화에 따른 에너지 사용 비

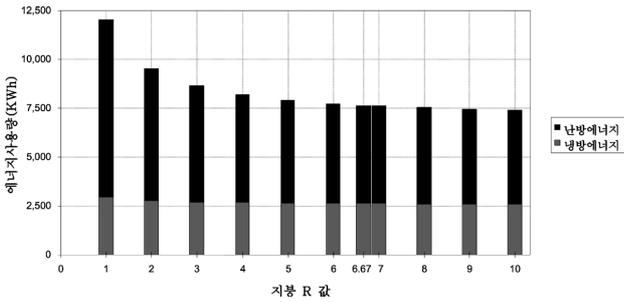


그림 11. 지붕의 단열값 변화에 따른 냉난방 에너지 소모량

와의 직접적 관련성 여부에 관한 추가 연구의 필요성이 요구된다.

3) 바닥

바닥 역시 단열값 변화에 따른 에너지 사용 비는 단열값 초기 증가 시 효과적으로 감소(R1에서 R3: -17.9%/R) 되거나 그 이후는 변화가 줄어드는 것(R3에서 R10: -1.8%/R)으로 나타났다<그림 12>.

냉난방에너지 각각 사용량의 경우, 난방에너지는 R1에서

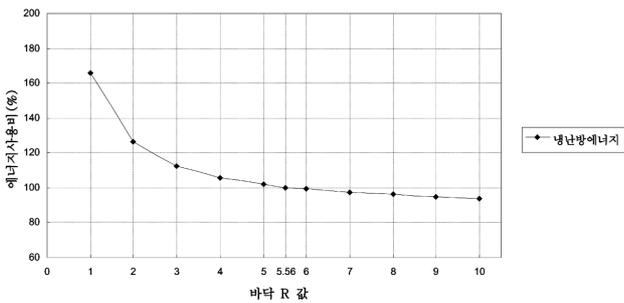


그림 12. 바닥의 단열값 변화에 따른 에너지 사용 비

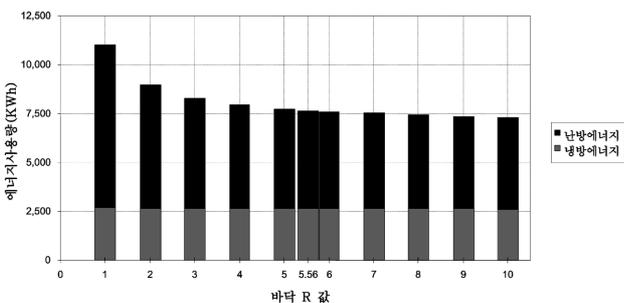


그림 13. 바닥의 단열값 변화에 따른 냉난방 에너지 소모량

R3까지는 -1,349.6 KWh/R, R3에서 R10은 -132.7 KWh/R의 효과를 나타내었으며, 냉방에너지는 -6.7 KWh/R로써 바닥, 벽과 비교하여도 상대적으로 작은 값을 나타내었다<그림 13>. 이는 여름철 지중온도와 실내온도의 차가 외부온도와 실내온도와 차보다 적게 형성됨으로써, 바닥의 단열향상에 따른 에너지 성능효과를 감소시키기 때문이다.

4) 창

창 또한 단열값 증가에 따라 열 환경 조성을 위한 에너지는 감소(-3.8%/0.1R)하는 것으로 나타났다<그림 14>. 감소비율은 국토해양부에서 제시한 R0.26 부근까지 효과적인 것으로 분석되었다.

난방에너지의 경우, 단열값 증가에 따라 효과적으로 감소함(-295.0 KWh/0.1R)을 알 수 있으나, 냉방에너지의 경우 오히려 증가하고 있는 것(3.3 KWh/0.1R)으로 나타났다<그림 15>. 이는 창의 단열값이 증가됨에 따라 여름철 늦은 밤과 이른 새벽, 즉 외기온도가 실내온도보다 낮은 기간 동안 창을 통한 외부로의 열 손실이 줄어들었기 때문으로 사료된다.

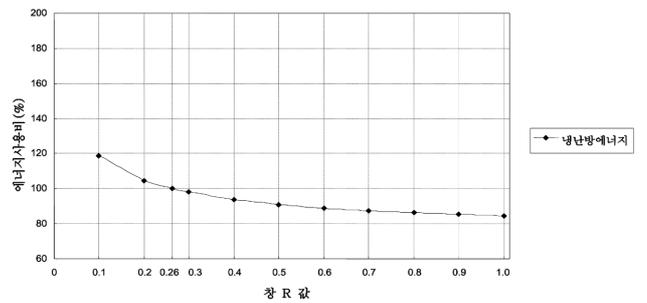


그림 14. 창의 단열값 변화에 따른 에너지 사용 비

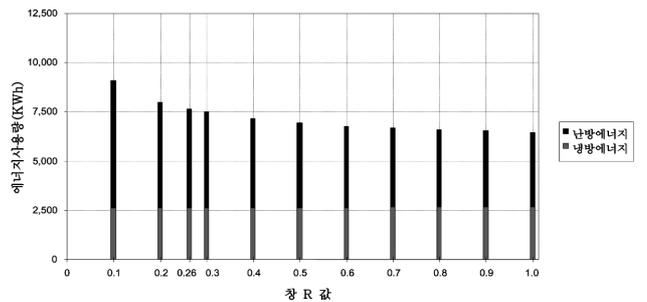


그림 15. 창의 단열값 변화에 따른 냉난방 에너지 소모량

건물 냉난방 총 에너지량은 외피 단열값이 증가함에 따라 감소되어지는 것으로 분석되었다. 난방에너지의 경우 단열값의 증가는 사용량 감소효과를 보여주었으나, 냉방에너지의 경우에 있어선 그 효과가 미비하거나 오히려 악영향(예, 창)을 끼칠 수 있는 것으로 나타났다. 이것은 건물외피를 통한 열취득의 비율(36.3%)이 열 손실의 비율(87%)에 비해 낮은 값을 나타내며, 냉방시즌의 경우 단열값의 증가는 늦은 밤 및 이른 새벽의 차가운 외기로의 실내열 전달을 방지하는 효과에 기인한 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

본 연구는 효과적인 건물외피 단열의 정도를 밝히기 위해 다양한 수준의 외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창호의 단열값과 그에 따른 주거건물 에너지 소비 행태를 분석하였다. 이를 위해 한국의 평균적 형태를 가진 남부지방에 위치한 가상의 단독주거건물 대한 컴퓨터시뮬레이션을 통해 열 취득·손실, 연간에너지사용, 그리고 단열값에 따른 냉난방 에너지 사용량 변화 등을 계산하였다. 분석을 통해 밝혀진 사실은 다음과 같다.

1) 냉방기간 중의 열 취득량이 난방기간중의 열 손실량보다 큰 것으로 나타났다. 그에 따라 냉방 부하량이 난방 부하량보다 큰 것으로 나타났으나, 적용된 냉난방시스템의 효율(냉방시스템: 9.7SEER, 난방시스템: 80%)에 의하여 실제 냉방에너지는 난방에너지보다 적은 것으로 분석되었다.

2) 창을 통한 태양복사열 유입은 냉방기간 중 열취득의 중요 요소였으며, 이는 냉방부하의 증가 요인으로 작용하였다. 냉난방부하의 감소를 위해 여름철에는 유입을 방지하고 겨울철에는 허용하는 적절한 형태의 차양 장치 설치가 요구되어진다.

3) 외피를 통한 열전달의 경우, 열 손실은 전체 건물열 손실의 대부분을 차지한 반면 열 취득은 상대적으로 낮은 비율을 차지하였다. 이는 외피의 단열값 증가는 겨울철 난방부하 감소에 보다 효과적일 수 있다는 것을 의미한다.

4) 실내 열 환경 조절을 위하여 연간에너지소비량의 1/2 이상을 사용하는 것으로 나타났으며 이 중 약 2/3를 난방을 위해 사용했다. 외피 단열값 증가에 따른 난방부하 감소를 통해 에너지소비의 가장 큰 부분을 차지하는 난방에너지 절약 효과가 예상된다.

5) 외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창의 단열값 변화에 대한 냉난방에너지 변화량 분석에 의하면 외피의 단열값 증가는 공통적으로 난방에너지 사용량의 감소에 효과적이며, 그에 따라 연간 열 환경 조절을 위한 에너지 사용량을 감소시켰다. 하지만, 그 효과는 단열값의 초기 증가(외벽, 지붕, 바닥의 경우 R3~4, 창 R0.3까지)시에 더욱 효과적이었다고 그 이후엔 안정화 되는 모습을 보여주었다. 그러므로 일정수준 이상의 외피 단열의 경제성에 대한 심도 있는 고려가 요구된다.

6) 냉방에너지의 경우 단열값 변화에 대하여 민감한 변화를 보여주지 못했으며, 특히 창의 경우 단열값 증가에 따라 오히려 냉방에너지 사용량이 증가됨을 보여주었다. 이는 강화된 창의 단열값이 외기온도가 실내온도보다 낮은 기간 동안 이루어지는 창을 통한 외부로의 열 손실을 감소시킨 것으로 사료된다.

본 연구는 외피 단열값과 냉난방에너지의 관계를 에너지량의 측면에서 분석하기 위하여 가상의 대상건물에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였다. 냉난방시스템의 온

도 설정, 개구부의 개폐 등 재실자의 주관적 주거 행태에 대한 고려가 이루어지지 않았으므로, 결과의 실제 적용을 위해서는 실험 및 실제 건물을 대상으로 한 추후 연구가 요구되어진다. 또한 본 연구를 바탕으로 중부, 제주 지역에 대한 적절한 외피조건 및 경제성 분석 등의 심도 있는 연구가 진행될 것이며 공동주택 등의 확대된 주거 형태에 대한 적용이 고려될 것이다. 이러한 일련의 연구 결과는 적절한 외피 단열값의 기준이 변화하고 있는 현 상황에서 구체적 근거자료로 사용될 수 있을 것으로 기대되며, 주거건물의 효율적인 외피계획방법을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 여겨진다.

#### 참 고 문 헌

1. 국토해양부(2010). 건축물현황. 국토해양부 건축기획과.
2. 국토해양부(2010). 고시 제2010-371호 건축물의 에너지절약 설계기준 개정 고시. 국토해양부 건축기획과.
3. 오보환·강재식·김지현·최경석 (2009). 건물 에너지 절약을 위한 외피·창호/환기시스템 기술. 대한건축학회지, 53(2), 38-41.
4. 윤성환·김영탁·장희경·김상우 (2009). 가변난방도일법을 활용한 공동주택 외피단열사양의 민감도 분석. 대한건축학회논문집 계획계, 25(12), 419-427.
5. 이건호 (2006). 적용가능한 친환경 건물외피 기술. 대한건축학회지, 50(3), 45-52.
6. 이의준 (2006). 에너지지리형 태양 건물의 기술현황 분석 및 보급사례. 한국에너지기술연구원.
7. 임도요·김지현·김유미·김태연·이승복 (2007). 국내 공동주택 난방부하저감 목표에 따른 외피성능 기준에 관한 연구. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 27(1), 881-884.
8. 장희경·윤성환 (2010). 냉난방에너지소비량 절감을 위한 공동주택의 외피단열성능 도출 및 경제성 평가. 대한건축학회 제6회 우수졸업논문전 수상논문 개요집, 6(1), 301-304.
9. 정영선·배누리·최경석·강재식·이승언 (2008). 건축물 에너지절약 및 친환경 관련 국내외의 정책 및 제도에 관한 비교 연구. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 28(1), 567-570.
10. 지식경제부 (2009. 08. 03). 건물 냉난방 온도제한 제도 도입을 위한 “에너지이용 합리화법” 개정·공포 [온라인]. 지식경제부. 접근경로: <http://www.mke.go.kr>.
11. 한국태양에너지학회 (2010. 12. 09). 한국태양에너지학회 대한민국 표준기상데이터 [온라인]. 한국태양에너지학회. 접근경로: <http://www.kses.re.kr/index.asp>.
12. ASHRAE (2004a). Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings (ANSI/ASHRAE Standard 90.2-2004). Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
13. ASHRAE (2004b). Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2004), Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
14. Bakos, G. C. (2000). Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector. *Energy and Buildings*, 31(3), 251-259.
15. Dombayci, Ö. A., Gölcü, M., & Pancar, Y. (2006). Optimization of insulation thickness for external walls using different energy-sources. *Applied Energy*, 83(9), 921-928.

16. Dombayci, Ö. A. (2007). The environmental impact of optimum insulation thickness for external walls of buildings. *Building and Environment*, 42(11), 3855-3859.
17. eQUEST (2010. 03. 18). eQUEST-Quick Energy Simulation Tool, version 3.63. *DOE.com* [On-line]. Available: <http://www.doe2.com/equest/>.
18. Erlandsson, M., Levin, P., & Myhre, L. (1996). Energy and environmental consequences of an additional wall insulation of a dwelling. *Building and Environment*, 32(2), 129-136.
19. Karlsson, J. F. & Moshfegh, B. (2006). Energy demand and indoor climate in a low energy building-changed control strategies and boundary conditions. *Energy and Buildings*, 38(4), 315-326.
20. Kim, J. J. & Moon, J. W. (2009). Energy effects of insulation for a single-family home, *11th International Building Performance Simulation Association Conference, Building Simulation 2009*, University of Strathclyde, Glasgow, July 27-30, 674-680.
21. MICA (2006). National Commercial & Industrial Insulation Standards, 6th edition, *Midwest Insulation Contractors Association*.

---

접수일(2010. 12. 23)  
게재확정일(2011. 2. 9)