

강화된 건물 외피 단열기준의 지역별 냉난방에너지 감소 효과

문진우[†]

국립한밭대학교 건축설비공학과

Impact of Reinforced Standard for Envelope Insulation on the Regional Heating and Cooling Energy Consumption

Jin Woo Moon[†]

Department of Building Services Engineering, Hanbat National University, Daejeon, 305-719, Korea

(Received June 1, 2011; revision received August 31, 2011)

ABSTRACT: This study aimed at quantifying the impact of the reinforced standard for envelope insulation on heating and cooling energy consumption in a Korean detached house as well as at identifying the effect of regionally subdivided standards. For them, a series of simulations for application of the reinforced standard on respective walls, roof, floor, windows, and all envelopes were computationally conducted for a prototypical detached residential building. In addition, the subdivided standards were applied to each regions—central and southern regions, and the Jeju island. Analysis revealed that heat transfer through envelopes was the most significant source of building heat gain and loss; the reinforced standard effectively reduced heating energy consumptions, especially in central region; and the subdivided standards did not presented a clear difference in the amount of energy consumption for the southern region and the Jeju island, thus, a further study is required to investigate the necessity of regional subdivisions.

Key words: Envelope insulation(외피 단열), Heat gain and loss(열취득 및 손실), Heating and cooling energy consumption(냉난방에너지소비), Regional subdivision(지역세분화)

1. 서론

한국 에너지 소비의 22.3%를 차지하는 건물에너지 소비량 중 51.0%는 주거건물에서 사용되어지고 있으며, 이 중 단독주택에서의 사용량(63.0%)이 공동주택(37.0%)보다 큰 것으로 나타났다. 특히, 냉난방 등 열환경 조성을 위하여 주거건물에너지 소모량 중 58.1%를 사용되어지고 있는 것으로 나타났으며, 이를 통해 전체 국가 에너지 소모량의 6.6% ($100 \times 0.223 \times 0.510 \times 0.581$)는 주거건물의 열 환경조성

을 위하여 사용되는 것으로 추론할 수 있다.^(1, 2)

이러한 주거건물에 의한 에너지 소모를 감소시키기 위하여 다양한 연구 및 기술개발이 진행 중이며, 그 중 외피의 적절한 단열 또한 효과적인 방법이라 할 수 있다. 미국 단독주택의 경우 한랭지역(디트로이트, 미시건) 열취득의 11.3%와 열손실의 81.7%, 고온다습지역(마이애미, 플로리다) 열취득의 22.4%, 열손실의 81.3%가 외벽, 지붕, 바닥, 창 등의 외피를 통한 열전달에 의하는 것으로 나타났으며,⁽³⁾ 이 사실에 근거하면 건물 냉난방에너지의 상당부분을 적절한 외피단열을 통해 절약할 수 있고, 특히 한랭지역 건물에너지소모량의 대부분을 차지하는 난방에너지 사용량의 감소가 가능한 것으로 나타났다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-42-821-1176; fax: +82-42-821-1175

E-mail address: gilerbert73@gmail.com

이러한 배경 하에 건물에너지 성능에 중요한 역할을 하는 건물 외피의 적절한 단열을 위하여 각국에선 적절한 외피단열기준을 제시하고 있으며, 특히, 미국의 경우 기후대를 Fig. 1와 같이 존1(zone1 : 가장 덥고 습한 지역 : 예, 플로리다 남부 지역)에서 존8(zone8 : 가장 추운 지역 : 예, 알래스카 지역)까지로 세분화하여 비 주거건물과 주거건물 등의 외벽(지상), 외벽(지하), 지붕, 바닥, 창, 문 등에 대한 단열기준을 제시하고 있다. 이 중 주거건물에 대한 기후대별 단열기준을 정리하면 Table 1과 같다.⁽⁴⁾

한국의 경우 1979년 건축법을 통해 신축건물에 단열재를 사용토록 하는 기준을 마련하였으며, 현재는 지역별 난방도일에 근거하여 중부, 남부, 그리고 제주도 지역으로 세분화한 열 관류율을 제시하고 있다.⁽⁵⁾

최근 국토해양부에서는 냉난방에너지의 감소를 목적으로 건물 외피의 단열 성능을 위한 20% 강화된 시행령을 공포하였으며, 이 중 주거건물에 대한 기존의 기준과 강화된 기준을 비교 정리 하면 Table 2와 같다.⁽⁶⁾ Fig. 2은 각 지역의 기존 기준으로부터의 강화된 기준으로의 변화량을 나타낸 것이다. 각 지역 모두 창에 대한 단열기준이 가장 강화되었으며, 중부지역, 남부지역, 제주도 창의 열 관류율이 각각 1.0, 1.1, 1.0 W/m²K 만큼 감소되었다. 그 외에는 외벽, 지붕, 바닥의 순으로 강화되었으며, 창을 제외한 외피의 경우 제주도에서 가장 강화된 것으로 나타났다(외벽 : 0.18 W/m²K 감소, 바닥 : 0.12 W/m²K 감소, 지붕 : 0.12 W/m²K 감소). 이 사실에 의거하면, 강화된 기준에서의 냉난방에너지 소비량의 감소는 제주도에서 가장 효과적일 것으로 기대된다.

건물외피에 대한 강화된 단열은 건물 열 환경 조성을 위한 냉난방에너지 사용량의 감소 및 적용 설비의 규모 축소 등으로 작용하여 에너지(사용에너지 및 설비 시스템의 embodied energy 감소), 경제적(가스, 전기 등 에너지 비용 감소), 그리고 환경적(CO₂ 발생량 감소) 측면에 효과적일 것으로 예상된다. 이러한 예상을 바탕으로, 본 연구의 목적은 다음과 같다.

(1) 단독주택의 각 외피(외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창) 및 전체에 대한 강화된 새로운 단열기준을 적용함으로써 기존 기준에 대한 냉난방 설비 시스템의 에너지 감소효과를 정량적으로 분석함에 있다.

Table 1 U-factors for U.S. residential building envelopes(W/m²K)⁽⁴⁾

Zone	Ext wall	Under -floor ext wall	Roof	Floor	Window	Door
1	0.51 ~ 0.86	6.47	0.15 ~ 1.60 ~ 0.37	1.99	6.92 ~ 11.24	3.97 ~ 8.23
2	0.51 ~ 0.86	6.47	0.15 ~ 0.29 ~ 0.37	0.61	6.92 ~ 11.24	3.97 ~ 8.23
3	0.48 ~ 0.70	6.47	0.15 ~ 0.19 ~ 0.37	0.49	2.61 ~ 7.38	2.84 ~ 3.97
4	0.36 ~ 0.64	6.47	0.15 ~ 0.19 ~ 0.37	0.49	2.61 ~ 7.38	2.84 ~ 3.97
5	0.32 ~ 0.51	6.47	0.15 ~ 0.19 ~ 0.37	0.42	2.61 ~ 6.64	2.84 ~ 3.97
6	0.32 ~ 0.51	0.68	0.15 ~ 0.19 ~ 0.37	0.36	2.61 ~ 5.56	2.84
7	0.29 ~ 0.45	0.68	0.15 ~ 0.19 ~ 0.37	0.36	2.61 ~ 6.64	2.84
8	0.29 ~ 0.40	0.68	0.15 ~ 0.18 ~ 0.28	0.32	1.99 ~ 5.56	2.84

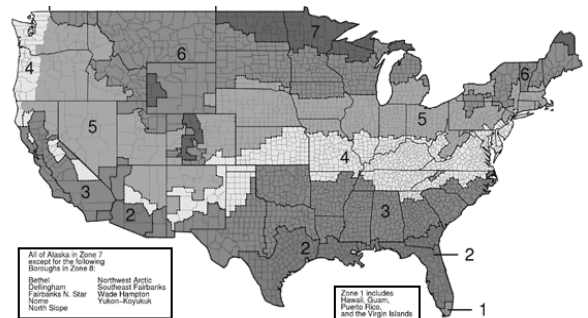


Fig. 1 Climate zones in USA.⁽⁴⁾

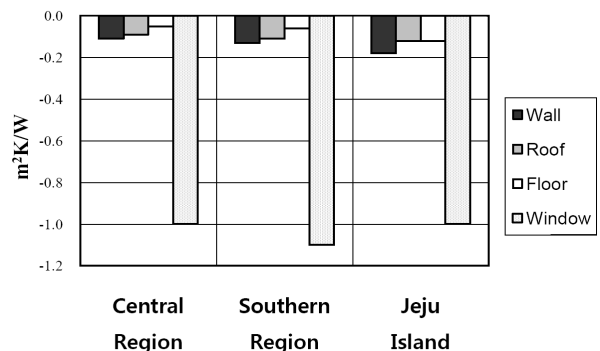


Fig. 2 Variation of U-factors for detached houses.

(2) 또한, 각 지역기준(중부지역 기준, 남부지역 기준, 제주도 기준)을 전 지역 기후(서울기후, 부산기후, 제주도가후)에 적용, 그에 따른 냉난방 에

Table 2 Previous and reinforced standards for U-factors of building envelope, Korea(W/m²K)^(5, 6)

Envelope Components		Region	Previous Standard			Reinforced Standard		
			Central Region	Southern Region	Jeju Island	Central Region	Southern Region	Jeju Island
Exterior wall of the living room	Directly facing to the exterior		Under 0.47	Under 0.58	Under 0.76	Under 0.36	Under 0.45	Under 0.58
	Indirectly facing to the exterior		Under 0.64	Under 0.81	Under 1.10	Under 0.49	Under 0.63	Under 0.85
Roof of the top floor	Directly facing to the exterior		Under 0.29	Under 0.35	Under 0.41	Under 0.20	Under 0.24	Under 0.29
	Indirectly facing to the exterior		Under 0.41	Under 0.52	Under 0.58	Under 0.29	Under 0.34	Under 0.41
Floor of the lowest floor	Directly facing to the exterior	Underfloor heating	Under 0.35	Under 0.41	Under 0.47	Under 0.30	Under 0.35	Under 0.35
		Non-underfloor heating	Under 0.41	Under 0.47	Under 0.52	Under 0.41	Under 0.41	Under 0.41
	Indirectly facing to the exterior	Underfloor heating	Under 0.52	Under 0.58	Under 0.64	Under 0.43	Under 0.50	Under 0.50
		Non-underfloor heating	Under 0.58	Under 0.64	Under 0.76	Under 0.58	Under 0.58	Under 0.58
Side wall of multi-family housing			Under 0.35	Under 0.47	Under 0.58	Under 0.27	Under 0.36	Under 0.45
Floor between two floors	Underfloor heating		Under 0.81	Under 0.81	Under 0.81	Under 0.81	Under 0.81	Under 0.81
	Non-underfloor heating		Under 1.16	Under 1.16	Under 1.16	Under 1.16	Under 1.16	Under 1.16
Window and door	Directly facing to the exterior	Multi-family housing	Under 3.00	Under 3.30	Under 4.20	Under 2.10	Under 2.40	Under 3.10
		Others	Under 3.40	Under 3.80	Under 4.40	Under 2.40	Under 2.70	Under 3.40
	Indirectly facing to the exterior	Multi-family housing	Under 4.30	Under 4.70	Under 6.00	Under 2.80	Under 3.10	Under 3.70
		Others	Under 4.60	Under 5.30	Under 6.30	Under 3.20	Under 3.70	Under 4.30

너지량을 비교함으로써 중부지역, 남부지역, 그리고 제주도 등의 지역분할에 대한 필요성 및 타당성을 심도있게 검토하는 것을 목적으로 한다.

본 연구의 결과물은 설비시스템의 작동 에너지 및 규모 설정과 깊은 관계가 있는 건물 외피 단열기준의 설정 및 평가에 있어 유용한 기초자료로 사용될 것으로 예상된다.

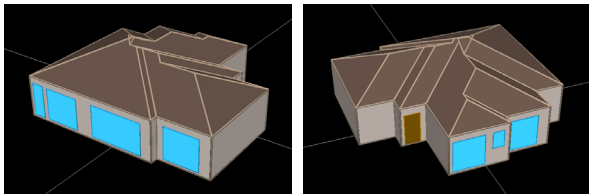
2. 연구 방법

2.1 시뮬레이션 소프트웨어 및 대상건물

기존 및 강화된 외피 단열기준에 따른 건물 에너지 성능을 정량적으로 계산하기 위하여 eQUEST

3.63⁽⁷⁾ 컴퓨터 시뮬레이션법을 사용하였으며, 이를 통해 건물의 열취득 및 손실량을 계산하고, 외벽, 지붕, 바닥, 창 등 건물 외피의 각 요소에 대한 기존 및 강화된 단열기준의 적용에 따른 냉난방 에너지량을 도출하였다.

국토해양부의 건축물 현황 자료에 따르면 전체건물의 67.7%는 주거용 건물이며, 64.2%는 단층건물, 48.9%가 100 m² 미만인 것으로 조사되었다.⁽⁸⁾ 또한 국토해양부는 친환경주택의 설계 및 성능평가 지침을 통해 공동주택 평가대상 기준주택 평면도를 제시하였다.⁽⁹⁾ 이를 바탕으로, 본 연구에 사용될 단독주택건물을 모델링하였으며(Fig. 3(a), Fig. 3(b)) 자세한 조건은 Table 3에 정리되어 있다. 본 연구의 건물은 단독주거건물이므로 국토해양부의 기준주



(a) South-east exteriors (b) North-east exteriors
Fig. 3 Exteriors of the target building.

택에서의 계단실, 엘리베이터, 대피공간은 제외되었으며, 이웃한 가호에 닿아 있는 내벽의 경우 외기에 접한 외벽으로 변화되었다. 특히 기준주택 평면도의 실내 공간을 주거, 창고, 다용도실로써 구분하여 그 비율(%)을 계산한 후 이 값이 시뮬레이션 소프트웨어의 공간 구성을 위한 입력 값으로 적용되었다. 지붕의 경우 경사진 지붕으로 하였으며, 그 형태는 시뮬레이션 소프트웨어에서 제시하는 기본형으로 하였다. 동일한 건물을 중부지역, 남부지역, 제주도의 세 지역기후에 적용시켰으며, 기후 데이터는 한국 태양에너지학회에서 제시한 한국표준기상 데이터 중 서울(중부지역), 부산(남부지역), 그리고 제주도의 것으로 사용하였다.⁽¹⁰⁾ 냉난방 시스템을 위한 내부설정온도 및 환기량은 ASHRAE Standard 90.2-2004에 근거하였으며⁽¹¹⁾, 그 외에 천장높이, 공간구성, 칩기 및 내부발열량은 시뮬레이션 소프트웨어에서 제공하는 기본 값으로 설정하였다.

2.2 테스트 변수

테스트는 크게 두 가지의 주된 범주로 나뉜다. 첫 번째는 단독주택에 대한 기존 단열기준을 적용시켰을 경우의 각 지역별 냉난방에너지 소모량과 강화된 단열기준의 외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창 각각 및 전체 외피에 대한 적용 시의 냉난방에너지 소모량의 비교하는 것이다. 이를 위하여 Table 4에 나타난 경우에 대하여 시뮬레이션을 실시했다. 각 지역의 첫 번째 경우는 전체 외피에 대하여 기존의 단열기준을 적용한 것이며, 마지막은 강화된 기준을 모든 외피에 적용한 경우를 의미한다. 이 테스트를 통해 개선된 단열기준의 각 부위별 및 전체 적용 효과를 분석할 수 있다.

두 번째는 각 지역의 강화된 기준을 전 지역의 기후에 도입시켜 그 성능을 비교하는 것이며 이는 Table 5에 정리되어 있다. 예를 들어 case19의 경우 중부기후를 중부기후에 적용한 것을 의미하며, Table

Table 3 Descriptions of a prototypical detached house

Region and Climate	Region	Central Region : Seoul Southern Region : Busan Jeju Island		
	Weather Data	TMY2 for each region		
Heating and Cooling Periods	Cooling period	Jun ~ Sep		
	Heating period	Jan. ~ Feb., Nov. ~ Dec.		
Design Components	Area(m ²)	84		
	Floor to Ceiling Height(m)	2.42		
	Spacial Components (%)	Residential	93.9	
		Storage	4.0	
Laundry		2.1		
Windows	Window Wall Ratio	0.23		
	Shadin Devices	Not installed		
Technical Components	Cooling	DX coils		
	Heating	Hot water coils		
Occupant components	Set-point Temperatures (°C)	Normal	Cooling	23.6
			Heating	20.0
	Setback		Cooling	29.4
			Heating	15.6
	Ventilation (ACH)	0.35		
	Infiltration (m ³ /mins)	10.7		
Occupants	4 persons (Sensible heat : 291.2 Watt, Latent heat : 234.4 Watt)			
Internal Loads (Watt)	Occupants	Sensible	287.2	
		Latent	188.7	
	Lightings	491.9		
Equipments	406.9			

5의 경우에서와 같이 각 지역의 단열 기준을 전 지역 기후대로의 적용하였을 경우에 대한 냉난방 에너지량의 상이함과 유사성을 분석함으로써 단열기준에 대한 지역별 세분화의 타당성을 검토할 수 있다.

Table 4 Test cases according to the application of reinforced standard(Y : application, N : non-application)

Regions	Application of the reinforced standard				Cases
	Wall	Roof	Floor	Window	
Central Region	N	N	N	N	Case1
	Y	N	N	N	Case2
	N	Y	N	N	Case3
	N	N	Y	N	Case4
	N	N	N	Y	Case5
	Y	Y	Y	Y	Case6
Southern Region	N	N	N	N	Case7
	Y	N	N	N	Case8
	N	Y	N	N	Case9
	N	N	Y	N	Case10
	N	N	N	Y	Case11
	Y	Y	Y	Y	Case12
Jeju Island	N	N	N	N	Case13
	Y	N	N	N	Case14
	N	Y	N	N	Case15
	N	N	Y	N	Case16
	N	N	N	Y	Case17
	Y	Y	Y	Y	Case18

Table 5 Test cases according to the application to the diverse climates

Climates	Central Region (Seoul)	Southern Region (Busan)	Jeju Island
Central Region	Case19	Case20	Case21
Southern Region	Case22	Case23	Case24
Jeju Island	Case25	Case26	Case27

3. 분석 및 결과

테스트의 결과 분석은 기존 단열기준에 의한 건물의 열 취득 및 손실, 강화된 단열기준의 적용 효과, 그리고 지역 세분화의 효과에 대하여 실시되었다.

3.1 기존 단열기준에 의한 건물의 열취득 및 손실

Fig. 4~Fig. 9는 각 지역의 열취득(6~9월) 및 손실(1~2월, 11~12월)량의 비를 나타낸다. 열취득의

경우 외벽, 지붕, 바닥, 창 등의 외피를 통한 열전도, 태양복사열, 환기 및 침기 등의 대류열 취득, 그리고 채실자, 조명, 실내기기 등을 통한 실내발열 등으로 구성되며, 열손실의 경우 외피를 통한 열전도와 환기 및 침기 등의 대류를 통한 손실로 구성된다. 그 양은 각각 중부지역(서울) 열취득 10,931.6 KWh와 열손실 12,103.8 KWh, 남부지역(부산) 열취득 12,367.6 KWh와 열손실 10,023.0 KWh, 그리고 제주도 열취득 11,810.8 KWh와 열손실 10,404.0 KWh로 계산되었다. 열취득의 경우 남부지역이 제주도보다 많은 것으로 나타났으며 중부지역의 경우 가장 적은 양이 취득되었다. 열손실은 중부지역이 가장 현저하며 남부와 제주는 비슷한 것으로 나타났다.

Fig. 4, Fig. 6, Fig. 8의 열취득의 구성을 살펴보면, 외피를 통한 전도열 취득이 약 32.3%(중부지역)~41.1%(제주도)로써 전체 열취득의 상당부분을 차지함을 알 수 있다. 그 양은 각각 중부지역 3,526.5 KWh, 남부지역 4,679.5 KWh, 그리고 제주도 4,854.2 KWh이다. 전체 열 취득량은 남부지역이 제주도보다 크지만, 외피를 통한 취득량은 제주도가 큼을 알 수 있다. 이는 기존 외피단열기준이 제주지역에 상대적으로 적게 산정되어있었기 때문으로 사료된다. 이러한 측면으로 볼 때, 최근 강화된 단열기준에서 외벽, 지붕, 바닥 등의 단열량 강화가 제주도에서 가장 현저함은 적절한 것으로 볼 수 있다. 외피 부분별로 살펴보면 세 지역 모두 외벽, 지붕, 바닥, 창의 순으로 열취득이 발생했다. 이는 각 부분의 면적과 관련되어 있으며, 지붕에 비해 바닥을 통한 열 취득이 작은 이유는 외기온도보다 낮게 유지되는 지중온도 때문인 것으로 사료된다. 그 외의 열취득 구성은 태양복사열, 실내발열, 환기 및 침기의 순으로 나타났다.

Fig. 5, Fig. 7, Fig. 9의 열손실의 경우 외피를 통한 전도열 손실이 86.2%(중부지역), 86.5%(남부지역), 그리고 87.4%(제주도)로써 전체 열손실의 대부분을 차지했다. 그 양은 각각 중부지역 10,433.3 KWh, 남부지역 8,674.9 KWh, 그리고 제주도 9,070.5 KWh로써 중부지역이 가장 많은 열손실을 나타내었는데, 이는 차가운 기후의 영향으로 사료된다. 또한, 제주도의 경우 낮은 위도에도 불구하고 남부지역보다 손실량이 큰 것으로 나타났다. 이러한 사실은 겨울철 난방에너지 사용량과 직접적 관련을 가지는 열손실을 감소시키기 위하여 중부지역 및 제주도 지역의 상대적으로 보다 강화된 외피단

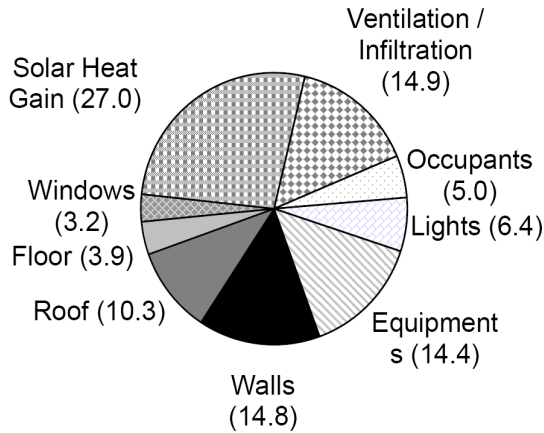


Fig. 4 Heat gain components in central region (Seoul, Korea).

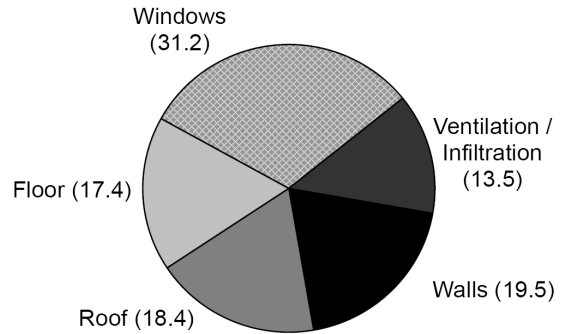


Fig. 7 Heat loss components in southern region (Busan, Korea).

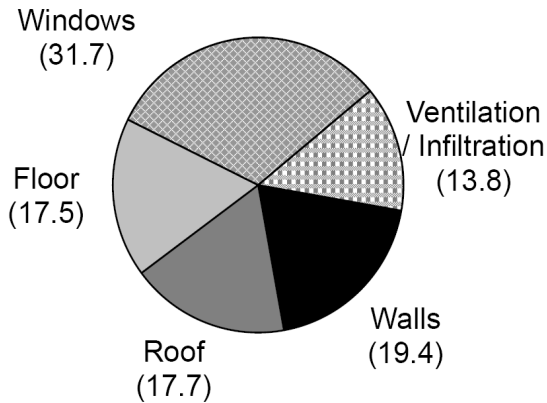


Fig. 5 Heat loss components in central region (Seoul, Korea).

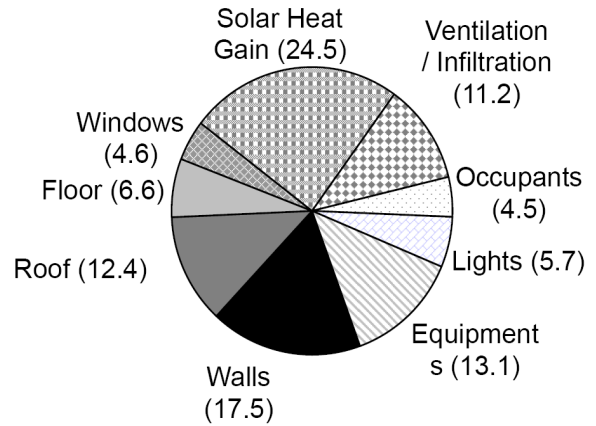


Fig. 8 Heat gain components in Jeju island.

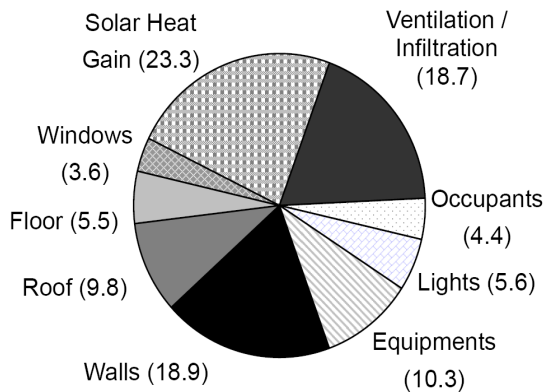


Fig. 6 Heat gain components in southern region (Busan, Korea).

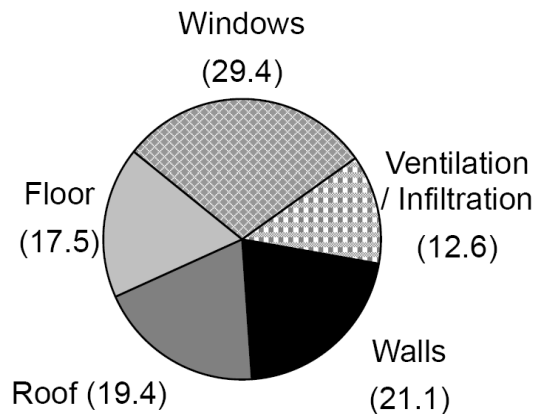


Fig. 9 Heat loss components in Jeju island.

열 기준이 필요성을 방증한다. 외피의 요소별로 살펴보면, 창을 통한 열손실이 가장 현저했는데, 이는 작은 면적(WWR0.23)에도 불구하고 높은 관류율의 영향 때문이다. 그 외의 열손실 요소는 환기 및

침기가 있는데 각각 약 1,670.5 KWh(중부지역), 1,348.1 KWh(남부지역), 그리고 1,318.8 KWh(제주도)였다. 제주도의 양이 남부지역의 양보다 작은 이유는 제주도 지역의 외기온도가 온화하기 때문으로 사료된다. 그럼에도 불구하고 외피열손실이 큰 이유는 제주도의 강화된 기준의 필요성을 방증하며 최근 개정안에서 제주도의 강화는 적절한 것으

로 판단할 수 있다.

3.2 강화된 단열기준 적용 효과

단독주택 각 외피(외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창) 및 전체에 대한 새로운 단열기준을 적용함으로써 강화된 기준의 기존 기준에 대한 냉난방에너지 감소효과가 Fig. 10~Fig. 12에 나타났다. 기존 기준을 적용하였을 경우 냉난방에너지 사용량은 중부(16,877.1 KWh), 제주(15,221.6 KWh), 남부(14,402.3 KWh)의 순으로 나타났다. Fig. 10에 나타난 중부지역의 경우 기존기준(case1)과 비교하여 강화된 기준을 전체 외피에 적용할 경우(case6), 전체 냉난방에너지의 19.7%(3,324.8 KWh, 이 중 냉방 : 6.2%, 230 KWh, 난방 : 23.5%, 3,094.8 KWh)를 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 각 부분별 및 전체 적용의 경우, 모든 경우에서 냉방에너지의 감소효과(0.3%(case3)~6.2%(case6))보다 난방에너지의 감소효과(3.2%(case4)~23.5%(case6))가 현저한 것으로 나타났다. 부분별로 살펴보면, 전체에너지 감소량은 창(case5, 8.2%), 외벽(case2, 4.7%), 지붕(case3, 4.0%), 바닥(case4, 2.6%)의 순으로 나타났으며, 이는 강화된 단열량의 순서에 따른다. 특히, 창의 경우 적은 면적임에도 불구하고 강화된 단열로 인하여 에너지감소효과의 가장 큰 요소로 작용하였으며 이는 창에 대한 단열기준의 증가가 가장 컸기 때문이다. 창을 통해 3.0%의 냉방에너지(10.0 KWh)와 9.6%의 난방에너지(1,266.1 KWh)가 감소하였다.

남부지역의 경우 강화된 기준을 전체 외피에 적용 시(case12), 기존기준(case7)로부터 전체에너지의 21.0%(3,278.3 KWh, 이 중 냉방 : 5.8%, 250 KWh, 난방 : 27.6%, 3,028.3 KWh)를 감소할 수 있는 것으로 Fig. 11에 나타났다. 중부지역과 마찬가지로 모든 경우에서 난방에너지 감소효과(4.1%(case10)~27.6%(case12))가 냉방에너지 감소효과(0.2%(case9)~5.8%(case12))보다 현저했으며, 각 부분별 적용의 경우 전체 에너지 감소량의 순서도 창(case11, 8.7%), 외벽(case8, 5.2%), 지붕(case9, 3.9%), 바닥(case10, 3.1%)의 순으로 동일했다. 그밖에, 강화된 기준의 전체 적용 시 남부지역 단독주택의 냉방에너지(case12, 4,100.0 KWh)는 Fig. 12의 제주도 냉방에너지(case18, 3,630.0 KWh)보다 큰 반면, 난방에너지(case12, 7,274.0 KWh)는 제주도의 난방에너지(case18, 8,742 KWh)보다 작은 것으로 나타났다. 이는 제주도에 비해 남부지역의 태양고도

가 낮음으로 인해 창을 통한 태양열취득이 크기 때문으로, 입사된 태양복사열이 남부지역의 냉방부하는 증가시키는 반면, 난방부하를 감소시키기 때문으로 사료된다.

Fig. 12에 나타난 제주도의 경우 기존기준(case13)에 비교하여 강화된 기준의 전체 적용 시(case18) 전체 에너지의 18.7%(3,049.4 KWh, 이 중 냉방 : 5.2%, 200 KWh, 난방 : 23.3%, 2,849.4 KWh)를 절약할 수 있는 것으로 나타났다. 나머지 두지역과 마찬가지로 모든 경우에서 난방에너지 감소효과(4.7%

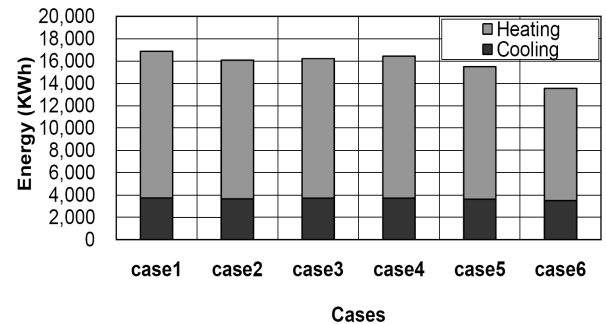


Fig. 10 Application of the reinforced standard to the central region.

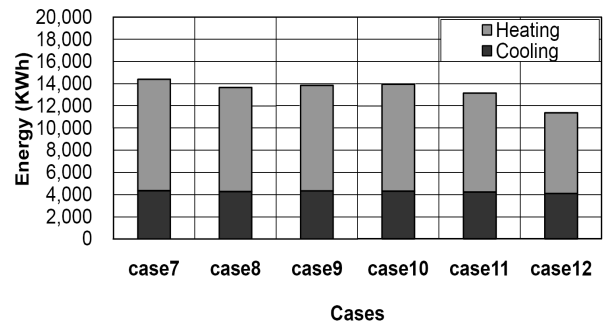


Fig. 11 Application of the reinforced standard to the southern region.

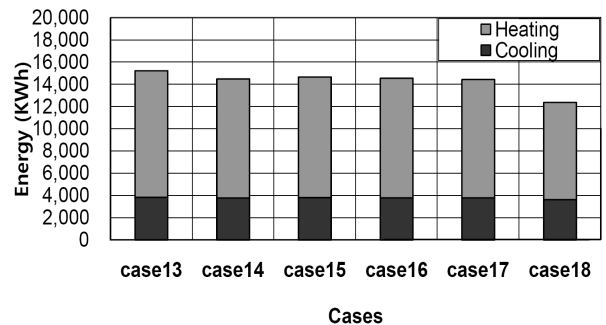


Fig. 12 Application of the reinforced standard to Jeju island.

(case15)~23.3%(case18))가 냉방에너지 감소효과 (0.78%(case15)~5.2%(case18))보다 현저했다. 각 부분별 적용의 경우 전체 에너지 감소량의 순서는 창(case17, 5.2%), 외벽(case14, 4.9%), 바닥(case16, 4.4%), 지붕(case15, 3.7%)의 순이었다. 다른 두 지역과는 상이하게 바닥과 지붕의 감소 비 순서가 바뀌었는데, 이는 제주도의 경우 바닥과 지붕의 단열 성능 향상이 같기 때문으로 사료된다(Fig. 2에서 각 관류율 감소량 : 0.12 W/m²K, 타 지역의 경우 지붕의 단열기준 강화량이 바닥의 강화량보다 큼).

3.3 지역세분화 효과

각 지역기준(중부지역, 남부지역, 제주도)을 전 지역 기후(서울, 부산, 제주도)로의 적용결과가 Fig. 13 ~Fig. 15와 같이 나타났다. 모든 기준에 대하여 중부기후에 적용 시 가장 많은 에너지소모가 발생함을 알 수 있다. 그 차이는 난방에너지에서 더욱 현저히 나타나는데, 최소 3,420.1 KWh(case19와 case21의 차이)에서 최대 5,117.0 KWh(case 25와 case27 차이)였으며, 냉방에너지의 경우는 각 지역기준을 세 가지 기후에 적용 시 비슷한 결과를 나타내었다.

각 지역기준을 남부기후 및 제주기후에 적용하면, 소비되는 에너지 량이 유사한 것으로 Fig. 13 ~Fig.15에 나타나 있다. 그 차이는 중부기준 적용 시 6.0%(case20과 21의 차이), 남부기준 적용 시 2.0%(case 23과 24의 차이), 그리고 제주도 기준 적용 시 6.6%(case26과 27의 차이)로써, 중부기후로 적용할 경우의 차이(case19와 20의 차이 29.0%, case22와 24의 차이 27.8%, case25와 27의 차이 29.9%)에 비하여 현저히 작은 것으로 분석되었다. 특히, 중부 및 남부지역 기준의 적용 시 남부기후에서의 난방 에너지사용량이 제주도 기후의 것보다 작은 것으로 Fig. 13과 Fig.14에 나타났으며, 이는 앞서 언급했듯 창을 통한 태양열 취득의 결과이다. 즉, 남부지역의 경우 제주도에 비해 낮은 태양고도로 인하여 창을 통한 태양열 취득이 증가됨으로써, 난방부하 및 난방에너지의 감소 효과를 나타내게 된 것이다. 즉 난방도일만을 근거로 한 세분화된 지역별 단열기준은 기후에 대한 차별성을 획득하지 못할 가능성이 있으며, 태양열취득 등의 새로운 요소를 고려한 단열기준의 지역세분화 혹은 남부지역과 제주지역의 독립적 기준에 대한 필요성 등에 대한 심도 있는 연구가 필요함을 알 수 있다.

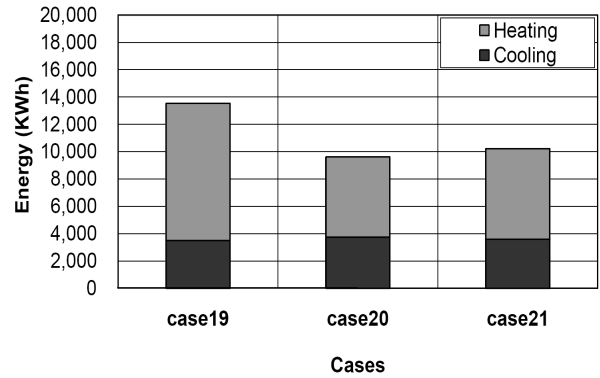


Fig. 13 Reinforced standard for the central region to three climate zones.

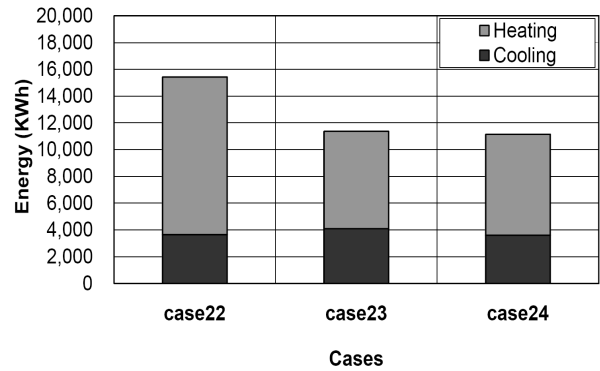


Fig. 14 Reinforced standard for the southern region to three climate zones.

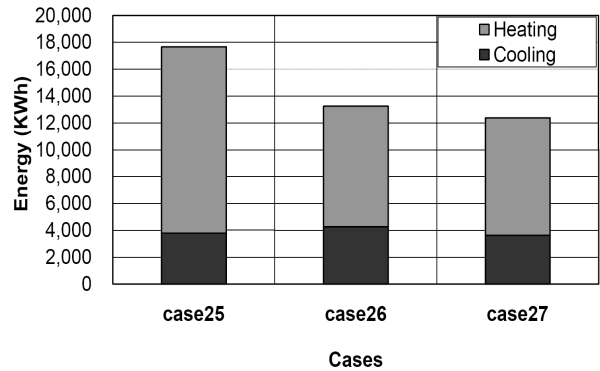


Fig. 15 Reinforced standard for Jeju island to three climate zones.

4. 결 론

본 연구는 단독주택의 각 외피(외벽, 지붕, 바닥, 그리고 창) 및 전체에 대한 강화된 새로운 단열기준을 적용함으로써 기존 기준에 대한 냉난방에너지 감소효과를 분석함과 동시에 각 지역기준(중부지역, 남부지역, 제주도)을 전 지역 기후에 적용, 그 효

과를 비교 함으로써 중부, 남부 그리고 제주로의 지역분할에 대한 필요성 및 타당성을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 한국의 평균적 형태를 가진 기준주택에 대한 컴퓨터시뮬레이션을 통해 열 취득·손실, 강화된 단열기준 적용 효과, 그리고 지역세분화 효과 등을 계산, 분석하였다. 밝혀진 사실은 다음과 같다.

(1) 기존 기준 적용 시, 전체 건물 열취득의 경우 남부지역이 제주도보다 많은 것으로 나타났으며 중부지역의 경우 가장 적었다. 열손실은 중부지역이 가장 현저하며 남부와 제주는 비슷한 것으로 나타났다.

(2) 그 중 열취득의 상당부분과 손실의 대부분이 외피를 통한 전도에 의하여 이루어졌다. 특히, 제주도에서의 열 취득 및 손실량은 남부지역보다 크게 나타났다. 이는 기존 외피단열기준이 제주도지역에 상대적으로 적게 산정되어있었기 때문이며, 최근 개정된 단열기준에서 외벽, 지붕, 바닥 등의 단열량 강화가 제주도에서 가장 현저함은 적절한 것으로 볼 수 있다.

(3) 강화된 기준 적용 시 냉난방에너지 사용량은 중부, 제주, 그리고 남부의 순으로 나타났으며, 냉방에너지의 감소효과보다 난방에너지의 감소효과가 현저한 것으로 나타났다. 각 부분별 적용의 경우 창, 외벽, 지붕, 바닥의 순(제주도의 경우 창, 외벽, 바닥, 지붕)으로 감소효과를 나타냈다.

(4) 제주도와 비교 시, 남부지역의 냉방에너지 사용량은 더 많았으나, 난방에너지는 적었다. 이는 제주도에 비해 낮은 태양고도로 인한 태양열 취득이 크기 때문으로 사료된다.

(5) 각 지역기준을 전 지역 기후로 적용하였을 경우, 남부기후 및 제주도기후의 결과는 유사한 것으로 계산되었다. 이를 통해 난방도일 뿐만 아니라 태양열취득 등의 새로운 요소를 고려한 단열기준의 지역세분화에 대한 심도 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 강화된 외피단열기준의 적용과 그 효과를 에너지 량의 측면에서 바라보았다. 연구의 결과는 강화된 외피단열기준의 효과를 가시화하였으며, 설비시스템의 작동 에너지 및 규모 설정과 깊은 관계가 있는 건물 외피 단열 기준의 설정 및 평가에 있어 유용한 기초자료로 사용될 것으로 예상된다. 또한, 본 연구의 결과를 바탕으로 실제 건물로의 적용을 통해 공동주택 등에 대한 새로운 기준 효과 및 경제성 분석

등의 심도 있는 추후 연구가 진행될 필요성이 있다.

후 기

이 논문은 2011년 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단) 및 바이오하우징연구소의 지원을 받아 수행된 연구임.

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0010519).

참고문헌

1. Lee, E. J., 2006, Technology analysis of zero-energy solar buildings and their examples, Korea Institute of Energy Research.
2. Ministry of Knowledge Economy, 2009, A law for rationalization of energy consumption, Ministry of Knowledge Economy, Available from, <http://www.mke.go.kr>.
3. Kim, J. J. and 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, pp. 674-680.
4. ASHRAE, 2004, 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.
5. Jeong, Y. S. Bae, N. R., Choi, G. S., Kang, J. S., and Lee, S. E., 2008, Comparative analysis of domestic and foreign policies and systems for energy efficiency and environmental-friendly buildings, Architectural Institute of Korea, Conference Proceedings, Vol. 28, pp. 567-570.
6. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009, Design of environmental-friendly houses and guidelines for performance evaluation, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
7. eQUEST, 2010, eQUEST-Quick Energy Simu-

- lation Tool, version 3.63, Available from, <http://www.doe2.com/equest/>.
8. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs order 306-Regulation for building facilities, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
 9. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010, Building survey, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
 10. Korean Solar Energy Society, 2010, Korean Weather Data, Available from, <http://www.kses.re.kr/index.asp>.
 11. ASHRAE, 2004, 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.