

주택에서의 단열성능 강화가 냉난방부하에 미치는 영향

The Strengthening Effect of the Heating and Cooling Load on the Thermal Performance in the Housing Unit

이준기(Jun-Gi Lee)¹, 김성훈(Sung-Hoon Kim)¹, 이갑택(Gab-Taek Lee)¹, 이경희(Kyung-Hee Lee)^{2*}

¹부산대학교 건축공학과 대학원, ²부산대학교 건축공학과

¹Department of Architectural Engineering in the Graduate School, Pusan National University, Busan 46241, Korea

²Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

(Received August 29, 2016; revision received October 2, 2016; Accepted: October 6, 2016)

Abstract In this study, we chose the rural house as a standard model. In order to review the energy difference of cooling and heating loads, we changed the thermal transmittance standards. By using the thermal transmittance standard in 2011 as the Basic CASE, the thermal transmittance standard in 2013 as well as 2016, and the thermal transmittance standard of passive houses, we compared the results with regard to the cooling and heating energy load. Because of the heat loss, it can be confirmed that with an improved thermal performance of the building structure, the maximum increase of the cooling energy load was 36 kWh from June to September. Because of the heat loss, it was also confirmed that with the improved thermal performance of a building structure, the maximum decrease of the heating energy load is 1,498 kWh from November to April. Even though the heat loss of the building structure could decrease the cooling energy load by improving thermal transmittance standards in Korea, the energy saving performance is worse than the situation of heating energy load in heating period. Compared with CASE 1 and CASE 2, as well as CASE 1 and CASE 3, we CASE 3 was found to have the best energy saving rate when compared to the other cases : CASE 3 increased by 1,452 kWh and CASE 2 by 588 kWh, because the window thermal transmittance standard of 2016 was added.

Key words Energy plus(에너지 플러스), Thermal insulation(단열성능), Housing unit(주택), Heating and cooling load(냉난방부하)

* Corresponding author, E-mail: samlgh@pusan.ac.kr

기호설명

A	: 벽체 면적 [m^2]
K	: 열관류율 [$W/m \cdot K$]
R	: 열저항 [$W/m \cdot K$]
HL	: 열손실 [Wh]
R_o	: 실내 표면 열전달 저항 [$m^2 \cdot K/W$]
R_i	: 실외 표면 열전달 저항 [$m^2 \cdot K/W$]
d_n	: 재료의 두께 [m]
λ_n	: 재료의 열전도율 [$W/m \cdot K$]
t_o	: 실내온도 [$^{\circ}C$]
t_i	: 실외온도 [$^{\circ}C$]

1. 서 론

최근, 프랑스 파리에서 열린 기후변화협약 당사국총

회는 세계적인 기후변화에 대한 대책으로 온실가스 감축을 논의하는 자리였고, 한국은 온실가스 배출전망치(BAU)인 8억 5천 60만 톤 대비 37%인 3억 1천 4백만 톤을 2030년까지 감축하기로 발표하였다. 주택부문에 있어 냉·난방을 위해 사용하는 에너지를 줄이기 위한 방안으로는 구조체의 단열성능 강화, 기밀성능 향상, 실내외 차양장치 설치 및 고성능, 고효율의 열교환기 사용 등이 있다. 그 중 구조체의 단열성능 강화는 외벽, 천정, 바닥 및 창을 통해 77~90%의 열 손실이 발생⁽¹⁾하는 것을 참고하면 에너지 사용량을 줄이기 위한 가장 기본적인 방법이면서 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

국내에서는 1980년 건축법 시행규칙에서 단열재의 두께기준을 규정한 것을 시작으로 주택에 대한 단열성능을 법적으로 규제하고 있다. 이후, 2011년에 시행된 에너지절약설계기준에서 처음으로 단열재 두께기준과 함께

열관류율 기준을 규정하였으며, 수차례 열관류율 및 단열재의 두께기준을 개정하여 주택의 단열성능을 향상시키고 있다. Choi and Cho⁽²⁾는 2009년을 기준으로 국내·외의 단열기준을 알아보고, 향후 국내 단열 기준의 개선 방안으로 신축건물과 리모델링 건물에 대한 규정을 다르게 적용하는 것을 제안하였으며, Shin et al.⁽³⁾은 비주거 건물을 대상으로 외벽의 단열재 두께 및 창호의 열관류율 변화를 통해 냉·난방에너지 부하를 비교·검토하였다. Choi and Chang⁽⁴⁾는 창호가 설치되는 방향, 열관류율, 일사취득계수 등 창호의 주요 성능에 따른 에너지 부하량 차이를 검토하여 창호의 열관류율 향상이 난방 에너지 소비량을 줄일 수 있음을 확인하였다. 또한, Cha et al.⁽⁵⁾는 패시브하우스 설계에 있어 고려해야 할 사항들에 대한 검토 및 국내 기후에 맞는 기준을 만들어야 하는 필요성에 대해 피력하였으며, Choi⁽⁶⁾는 패시브하우스 건축계획 요소 중 입면적의 비율, 단열재의 종류에 따른 에너지 부하 차이에 대해 설명하고 있다. Lee and Kim⁽⁷⁾은 농어촌 주택 표준모델(2010년) 3가지에 대한 연간 에너지요구량을 실내설정온도, 외벽의 열관류율, 창호 타입 및 환기량의 변화에 따라 검토하였다.

이처럼 단열기준에 대한 이론적 고찰이나 외벽의 단열재 두께 및 창호의 열관류율 변화에 따른 건물의 에너지 부하량을 비교·검토한 연구가 대부분이며, 구조체 전체의 열관류율 변화 및 패시브하우스 기준의 열관류율 적용에 따른 농어촌 주택 표준모델의 에너지 부하량 비교·검토에 관한 연구는 부족한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 건축물의 에너지 사용량을 저감시키기 위한 방안인 구조체의 단열성능 강화를 위한 열관류율 향상이 농어촌 주택 표준모델의 냉·난방 에너지 부하량에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 국내 단열기준 변화

국내 단열기준은 1980년 건축법 시행규칙⁽⁸⁾에서 단열재의 두께기준을 Table 1과 같이 규정하면서 시작되었다. 이후 1982년 퍼라이트의 두께를 종전 100 mm에서 90 mm로 변화시켰으며, 1984년에는 단열재의 두께 기준을 제주도외 지역으로 구분하여 규정하였다.

1987년에는 단열재의 두께기준을 중부, 남부 및 제주도도로 구분하였으며, 각 지역에 따른 열전도저항을 다르게 규정하였다. 2001년부터 건축법이 아니라 에너지절

Table 1 Standard of heat insulator thickness(1980)

Unit : mm	
Material	Thickness
Glass wood	50
Polystyrene foam	50
Polyurethane foam	50
Closed-cell thermal insulation	50
Rock wool	60
Asbestos	60
Calcium silicate	60
Magnesium carbonate	70
Cork	70
Ferrite	100

약설계기준에서 단열재 두께를 규정하는 것 외에 외기에 직접 면하는 경우와 간접 면하는 경우로 구분하고 바닥난방인 경우와 바닥난방이 아닌 경우 등 세밀한 기준을 세우기 시작하였다.

2010년 개정된(2011년 시행) 에너지절약설계기준은 단열재의 두께기준 뿐만 아니라 건축물 부위에 따른 열관류율 기준을 함께 규정하기 시작하였다. 이후 2012년 개정된 에너지절약설계기준에서는 단열재의 등급분류에 대한 부분만 개정되었으며, 2013년에는 4월에 개정(2013년 9월 시행)되고 10월에 재개정되었다. 2014년에는 9월에 개정되고, 12월에 재개정(2015년 5월 29일 시행)되었다. 최근에는 2015년 12월에 개정되어 2016년 7월 1일부터 건축물 부위별 열관류율 기준이 시행되고 있어 Table 2에서 건축물 부위별 열관류율 기준 변화 중 2011년, 2013년 및 2016년 기준을 나타내고 있다.

2.2 열관류율 및 열손실 계산 식

열관류율은 실내외의 온도차가 1℃인 경우, 1 m²당 1시간 동안 흐르는 열량을 W로 나타낸 것을 의미하고, 식(1)은 열관류율 계산식을 보여주고 있다. 구조체의 열손실 계산은 식(2)와 같이 구조체의 열관류율 및 면적, 실내외 온도차를 이용해 알 수 있다.

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_i + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_o} \quad (1)$$

$$HL = K \times (t_o - t_i) \times A \quad (2)$$

Table 2 Change of thermal transmittance standards

		Unit : W/m ² · K										
Division		2011			2013			2016				
		Cen.	Sou.	Jeju	Cen.	Sou.	Jeju	Cent.	Sou.	Jeju		
Outer wall of the living room	directly to the outside air	apartment house		0.36	0.45	0.58	0.27	0.34	0.44	0.21	0.26	0.36
		otherwise								0.26	0.32	0.43
	indirectly to the outside air	apartment house		0.49	0.63	0.85	0.37	0.48	0.64	0.30	0.37	0.52
		otherwise								0.36	0.45	0.62
Ceiling or roof of the living room on the top floor	directly to the outside air	0.20	0.24	0.29	0.18	0.22	0.28	0.15	0.18	0.25		
	indirectly to the outside air	0.29	0.34	0.41	0.26	0.31	0.40	0.22	0.26	0.35		
Living room in the lowest layer floor	directly to the outside air	floor heating		0.30	0.35	0.35	0.23	0.28	0.33	0.18	0.22	0.29
		not floor heating		0.41	0.41	0.41	0.29	0.29	0.29	0.22	0.25	0.33
	indirectly to the outside air	floor heating		0.43	0.50	0.50	0.35	0.40	0.47	0.26	0.31	0.41
		not floor heating		0.58	0.58	0.58	0.41	0.41	0.41	0.30	0.35	0.47
The side wall of the apartment house		0.27	0.36	0.45	-	-	-	-	-	-	-	-
Inter-layer bottom of the apartment house	floor heating	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
	otherwise	1.16	1.16	1.16	-	-	-	-	-	-	-	-
Windows and doors	facing directly to the outside wall	apartment house		2.10	2.40	3.10	1.50	1.80	2.60	1.20	1.40	2.00
		otherwise		2.40	2.70	3.40	2.10	2.40	3.00	1.50	1.80	2.40
	facing indirectly to the outside wall	apartment house		2.80	3.10	3.70	2.20	2.50	3.30	1.60	1.80	2.50
		otherwise		3.20	3.70	4.30	2.60	3.10	3.80	1.90	2.20	3.00
Entrance door of the apartment house	directly to the outside air	-	-	-	-	-	-	-	-	1.40	1.60	2.20
	indirectly to the outside air	-	-	-	-	-	-	-	-	1.80	2.00	0.80

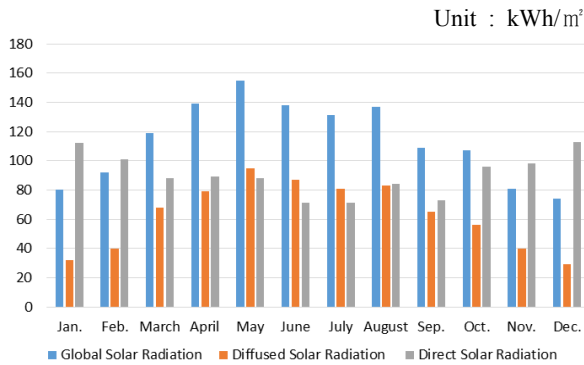


Fig. 1 Insolation.

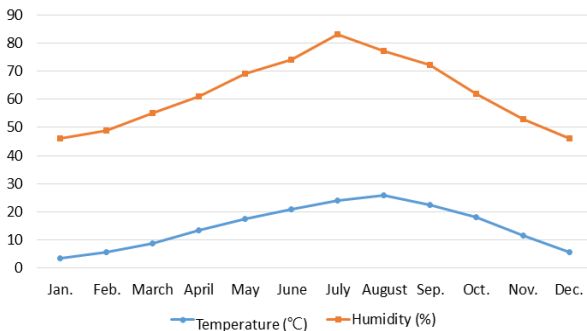


Fig. 2 Weather information.

3. 시뮬레이션 개요

3.1 시뮬레이션 입력 조건

본 연구에서는 Energy Plus V.7.0을 해석엔진으로 사용하고 있는 Design Builder V.3.20 프로그램을 이용하여 냉·난방 에너지 부하량을 검토하였으며, 지역은 부산 지역으로 설정하였다. 기후조건은 Fig. 1~Fig. 2와 같이 에너지기술연구원(1991~2000) 및 기상청(2001~2010)의 관측 자료를 바탕으로 한국패시브건축협회에서 작성된 것을 이용하였다.⁽⁹⁾

실내 설정온도는 냉방 26℃, 난방 20℃, 내부발열은 4.38 W/m²로 설정하였다. 재실자는 4인, 재실자는 평일 주간에는 1인, 야간에는 4인, 주말 주간 및 야간에 4인 재실로 Table 3과 같이 설정하였다.

Table 3 Input conditions

Division	Input	
Location	Southern/Pusan City	
Indoo Temperature	Cooling	26℃
	Heating	20℃
Occupants	4 people	
	- week : 08:00~18:00	: 0.25,
	18:00~08:00	: 1
	- weekend : 08:00~08:00	: 1

Table 4 Heat transmission coefficient standard
Unit : W/m² · K

Location	Apply	Standard
2011	wall	0.44
	roof	0.23
	ground	0.34
	window	2.50
2013	wall	0.33
	roof	0.21
	ground	0.27
2016	wall	0.31
	roof	0.17
	ground	0.21
	window	1.20
Passive House	wall	0.14
	roof	0.10
	ground	0.11
	window	0.68

Table 5 Thermal resistance of the outer wall material

Division	Material	Thermal resistance [m ² · K/W]
2011	Cement Plaster	0.009
	T200 Concrete	0.115
	T50 XPS	2.056
	T100 Brick	0.101
2013	Cement Plaster	0.009
	T200 Concrete	0.115
	T80 XPS	2.814
	T100 Brick	0.101
2016	Cement Plaster	0.009
	T200 Concrete	0.115
	T85 XPS	3.000
	T100 Brick	0.101
passive house	Cement Plaster	0.009
	T200 Concrete	0.115
	T200 XPS	6.928
	T100 Brick	0.101

시뮬레이션을 위해 입력된 열관류율 기준은 2011년 및 2013년, 2016년 및 패시브 기준이며, 적용된 열관류율 값은 Table 4와 같다.

2011년, 2013년, 2016년 및 패시브하우스 열관류율 기준을 만족시키기 위한 구조체의 조건 중 외벽 재료의 열저항은 Table 5와 같다.

3.2 해석모델 설정

해석모델은 귀농귀촌종합센터에서 제공하는 농촌주택표준설계도 중 농림-12-20-가-1의 모델(면적 95.80 m²)을 선정하였으며, 평면은 Fig. 3, 단면은 Fig. 4와 같다. 시뮬레이션을 위한 CASE 설정은 2011년도 열관류율 기준은 CASE 1, 2013년도 열관류율 기준은 CASE 2, 2016년도 열관류율 기준은 CASE 3, 및 패시브하우스 열관류율 기준은 CASE 4로 구분하였으며, 냉·난방 구역은 안방을 ZONE 1(14.29 m²), 거실과 부엌을 ZONE 2(26.6 m²)로 설정하였다.

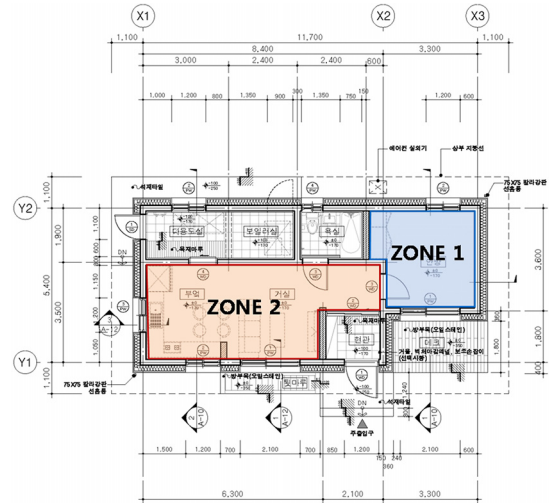


Fig. 3 Plan of the Model.

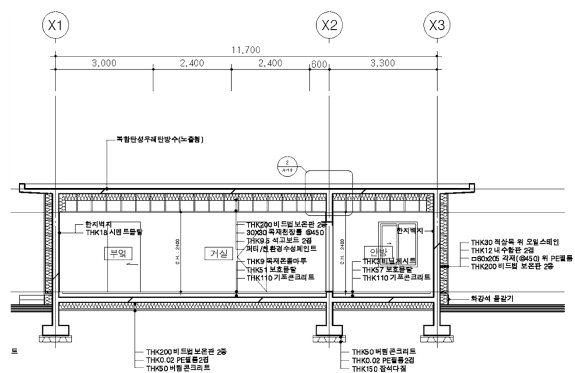


Fig. 4 Section Plan of the Model.

4. 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 시뮬레이션 결과를 비교·검토하기 위하여 2011년도 열관류율 기준인 CASE 1을 기준 CASE로 선정하여 단열성능 강화에 따른 냉·난방 부하의 증가 및 저감을 검토하였다. 냉·난방에너지 시뮬레이션 결과는 Table 6과 같다.

냉방은 전체 실험 CASE에서 1월, 2월, 3월, 4월, 및 12월에서는 필요 냉방 부하가 없는 것으로 확인되었으며, 5월에는 전체적으로 3~5 kWh, 11월에는 CASE 4에서 1 kWh의 냉방 부하가 필요한 것으로 확인되었다. 이에 전체 실험 결과에 미치는 영향이 미미하다고 판단하여 냉방 부하 검토는 6월에서 9월까지의 부하만을 비교·검토 대상으로 선정하였다.

난방 부하 또한 6월에서 9월까지의 필요 난방 부하가 없는 것으로 확인되어 난방 부하 검토는 11월에서 4월까지의 난방 부하만을 비교·검토 대상으로 선정하였다.

4.1 냉방에너지 부하 검토

기준 CASE로 선정한 CASE 1에서는 냉방 부하가 최고 310 kWh(8월), 최저 34 kWh(6월)로 나타났으며, 총 629 kWh의 부하가 필요한 것으로 확인되었다.

2013년도 열관류율 기준인 CASE 2에서는 냉방 부하가 최고 307 kWh(8월), 최저 35 kWh(6월)로 나타나 기준 CASE와 냉방 부하가 최고 또는 최저로 필요한 월은 같은 것으로 확인되었으나, 8월은 3 kWh 저감되며, 6월은 1 kWh 증가하는 것으로 확인되었다. 총 필요 냉방 부하는 629 kWh로 냉방 부하는 기준 CASE 보다 저감되지 않는 것으로 확인되었다.

2016년도 열관류율 기준인 CASE 3에서는 냉방 부하가 최고 315 kWh(8월), 최저 43 kWh(6월)로 나타났고, 총 필요 냉방 부하는 662 kWh로 기준 CASE보다

33 kWh 증가하는 것으로 확인되었다.

패시브하우스 열관류율 기준을 적용한 CASE 4에서는 냉방 부하가 최고 309 kWh(8월), 최저 41 kWh(6월)로 나타났으며, 총 필요 냉방 부하가 662 kWh로 확인되어 냉방부하는 구조체의 열관류율 향상은 냉방 부하를 증가시키는 것으로 확인되었다.

4.2 난방에너지 부하 검토

난방기간인 11월부터 4월까지 난방에너지 부하를 살펴보면, 기준 CASE인 CASE 1에서는 난방 부하가 최고 879 kWh(1월), 최저 131 kWh(4월)인 것으로 나타났고, 총 3038 kWh 난방 부하가 필요한 것으로 확인되었다.

CASE 2에서는 난방 부하의 최고 및 최저의 월은 기준 CASE와 같지만, 총 난방 부하는 342 kWh 저감되는 것으로 확인되었다. Fig. 5에 나타난 것과 같이 CASE 3의 난방 부하 역시 기준 CASE보다 785 kWh 저감되는 것으로 확인되었으며, CASE 4에서도 기준 CASE보다 1,498 kWh 저감되는 것으로 나타나 열관류율 기준 변화는 난방에너지 부하에 효과적인 것으로 확인되었다.

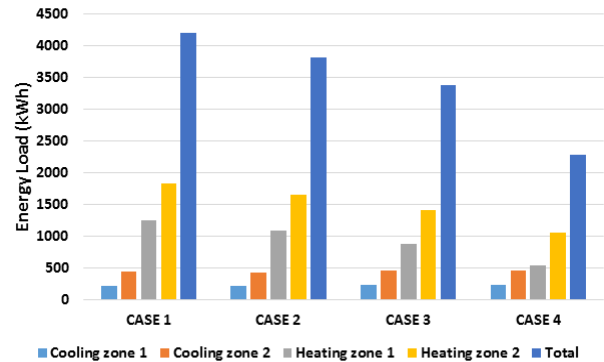


Fig. 5 Energy Load.

Table 6 Cooling and Heating Load

Unit : kWh

Division	Cooling Load						Heating Load								
	May	June	July	August	Sep.	Oct.	Jan.	Feb.	March	April	May	Oct.	Nov.	Dec.	
CASE 1	Zone 1	-	8	60	106	34	-	352	262	194	55	8	14	111	260
	Zone 2	3	26	112	204	79	9	527	380	299	76	13	17	149	373
	Total	3	34	172	310	113	9	879	642	493	131	21	31	260	633
CASE 2	Zone 1	-	8	60	106	36	1	312	230	170	44	7	9	91	226
	Zone 2	3	27	110	201	81	10	484	347	255	67	11	13	131	339
	Total	3	35	170	307	117	11	796	577	425	111	18	22	222	565
CASE 3	Zone 1	1	13	63	112	43	2	262	189	137	27	4	4	65	181
	Zone 2	4	30	112	203	86	14	426	302	219	51	8	7	104	290
	Total	5	43	175	315	129	16	688	491	356	78	12	11	169	471
CASE 4	Zone 1	-	12	57	112	54	3	185	128	90	11	1	-	21	110
	Zone 2	3	29	104	197	97	22	336	236	170	35	4	-	55	211
	Total	3	41	161	309	151	25	521	364	260	46	5	-	76	321

5. 결 론

본 연구는 열관류율 기준 변화에 따라 놓여온 주택 표준모델의 냉·난방에너지 부하량 차이를 검토하기 위하여 열관류율 기준이 규정된 2011년도 기준을 기준 CASE로 선정하여 열관류율 기준 향상 및 패시브하우스 열관류율 적용에 따른 냉·난방에너지 부하량을 비교·검토하였으며, 그 결과 다음과 같다.

- (1) 냉방에너지 부하량은 6월부터 9월까지 유의한 결과를 확인할 수 있었으며, 단열성능 향상에 따라 최대 36 kWh의 부하가 증가하는 것을 알 수 있었다.
- (2) 난방에너지 부하량은 11월부터 4월까지 유의한 결과를 확인할 수 있었으며, 단열성능 향상에 따라 최대 1,498 kWh의 부하가 저감되는 것을 알 수 있었다.
- (3) 구조체를 통한 열손실은 냉방기간 동안은 냉방 부하를 저감시키는 역할을 하지만, 난방기간 동안은 난방 부하를 증가시키는 역할을 하는 것으로 확인 되었으며, 국내에서 열관류율 기준 향상은 난방기간 동안의 난방 부하 저감률이 커 전체 에너지 부하 저감에 유의한 것을 알 수 있었다.
- (4) 기준 CASE에서 외벽, 지붕 및 바닥의 열관류율을 향상시킨 CASE 2(588 kWh 저감)보다 창의 열관류율을 향상시킨 CASE 3(1,451 kWh 저감)에서 부하 저감률이 큰 것을 알 수 있었다.

References

1. A Detailed Guide to Insulating Your Home, sustainable Energy Ireland.
2. Choi, J. M. and Cho, S. W., 2010, The Improvement of Korea Insulation Regulation, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 4, No. 4, pp. 189-194.
3. Shin, J. H., Kim, S. S., and Cho, Y. H., 2016, An Analysis of the Heating and Cooling Energy Demand and Consumption According to the Mean Thermal Transmittance of External Wall, Journal of the Korean Society of Living Environmental System, Vol. 23, No. 1, pp. 104-112.
4. Choim M. S. and Chang, S. J., 2013, Comparative Analysis on the Heating and Cooling Loads Associated with U-value, SHGC and Orientation of the Windows in Different Regions, Journal of the KIEAE, Vol. 13, No. 2, pp. 123-130.
5. Cha, J. H., Kim, S. H., Jeong, S. H., Kim, S., and Choi, J. M., 2013, Consideration for Passive House Design standards, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 7, No. 1, pp. 38-47.
6. Choi, J. M., 2011, Understanding of the elements of the architectural planning of the passive house, The Magazine for Energy Service Companies, pp. 54-61.
7. Lee, C. K. and Kim, W. T., 2012, Heating and Cooling Energy Demand Analysis of Standard Rural House Models, Journal of the Korea Academia Industrial Cooperation Society, Vol. 13, No. 8, pp. 3307-3314.
8. Ministry of Government Legislation, www.moleg.go.kr.
9. Passive House Institute Korea, www.phiko.kr.