

지역별 기후에 따른 비주거 건축물 패시브 수준 단열기준 연구

김예원[†] · 유기형

한국건설기술연구원, 건축도시연구소

Study on Insulation Standards at Passive Level of Non-Residential Buildings by Regional Climate

Kim Yeweon[†] · Yu Ki-Hyoung

Department Building and Urban Research Institute, KICT

[†]Corresponding author: yeweon.kim@kict.re.kr

Abstract

This study proposes an appropriate level of insulation standards by region through annual heating energy requirements according to regional climate. The reference buildings out of non-residential buildings approved by the energy saving design standard for buildings were derived in the previous study, in which the annual heating energy requirements for each building were as follows when the insulation standard for building members in four regions (Pyeongchang, Seoul, Gwang-ju, and Jeju) suggested by the energy saving design standard for buildings: 29.8 kWh/m² in Pyeongchang, 17.5 kWh/m² in Seoul, 14.4 kWh/m² in Gwangju, and 16.7 kWh/m² in Jeju. To satisfy the passive level of insulation standards for these buildings, in case that roof/floor of buildings in Pyeongchang and Seoul was 0.2 W/m²K, the minimum window thermal transmittance should satisfy 0.9 W/m²K and the minimum wall thermal transmittance should satisfy 0.1 W/m²K in the case of Pyeongchang. On the other hand, the minimum window thermal transmittance should satisfy 1.5 W/m²K and the minimum wall thermal transmittance should satisfy 0.14 W/m²K in the case of Seoul. For Jeju regions, the minimum wall thermal transmittance should satisfy 0.34 W/m²K to meet the passive level of buildings. Based on the above results, the thermal transmittance of each member by region should take the outdoor climate condition of the region into consideration to satisfy the passive level of buildings.

Keywords: 패시브 건축물(Passive Building), 난방에너지요구량(Heating Energy Demand), 단열기준(Insulation Standard)

1. 서론

신 기후 체제가 출범한 이래, 정부는 2030년 온실가스 감축 목표 달성을 위한 부문별 로드맵을 작성하고, 건물부문에서의 에너지 저감 및 설비효율 개선, 운영단계 에너지 이용 효율 개선을 통한 '30년 BAU 대비 온실가스 감축목표 설정 및 이행계획을 수립하고 있다.



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.37, No.6, pp.51-58, December 2017
<https://doi.org/10.7836/kjes.2017.37.6.051>

pISSN: 1598-6411

eISSN: 2508-3562

Received: 29 September 2017

Revised: 22 November 2017

Accepted: 21 December 2017

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

현재 국내 건축물 부문의 최종에너지 소비량은 국내 전체 에너지 소비량의 약 20%의 에너지를 소비¹⁾하고 있으며, 국내 전체 에너지 소비량의 약 20%의 에너지를 소비¹⁾하고 있다. 주요국 연평균 에너지소비 증가율을 비교해 볼 때 한국은 매년 2.27%로 기타 선진국에 비해 월등히 높기²⁾ 때문에, 정부는 2009년 제 6차 녹색성장 위원회에서 제로에너지 건축물 도입 로드맵을 수립하여 2017년에 주거/비주거 건축물에 대하여 패시브 수준의 건축물을 의무화 하고 2020년 공공건축물 의무화, 2025년 모든 신축건축물에 대하여 제로에너지 의무화를 추진하고 있다. 그러나 아직까지 국내 지역별 기후에 따른 비주거 용도의 패시브 건축물의 정의와 건축물 설계에 가이드라인에 대한 연구가 진행되고 있지 않아 단열성능기준을 수립하는데 어려움이 따르고 있다. 따라서 이 연구에서는 개정되는 건축물에너지절약설계기준의 지역별 구분에 따른 대표 지역(평창, 서울, 광주, 제주)을 선정하고 기후대에 따른 패시브 건축물 수준의 건축물에너지 냉방에너지 요구량을 제한하여 비주거 건축물에 대한 단열기준을 제시하고자 한다.

2. 선행연구 분석

윤용상 등³⁾은 실증건물을 7개 지역에 시공되는 것으로 가정하여 독일의 PHPP 프로그램을 통하여 난방에너지 요구량의 차이를 분석함으로써 기후 특성이 건물의 에너지 성능에 미치는 영향에 대하여 연구하였고, 이명주 등⁴⁾은 단독주택에서 패시브 하우스 기준의 에너지 절약 요소 도입이 에너지 절감차원에서 정책에 유용하다는 것을 보여주었다. 그 이외에 고귀한 등⁵⁾은 기후에 따른 지역적 패시브 기술을 분석하기 위해 기후에 따른 지형 및 배치 형태 및 구조, 평면구성, 외피계획 재료 구성별로 나타나는 기법을 대상으로 패시브 기술의 특성을 파악하고자 하였다.

독일의 패시브 하우스 컨셉은 외벽, 창의 열적 성능 등을 높여 건축물로 하여금 드래프트나 결로가 생기는 현상을 막아 복사 불균형이 없도록 열적 쾌적 요구량을 만족시키는 컨셉이다. 그에 따른 난방에너지 요구량 기준은 10 kWh/m²·년으로 규정⁶⁾하고 있고 일반적으로 중부유럽에서의 난방에너지 요구량은 15 kWh/m²·년 이하인 건축물을 패시브 하우스로 규정⁷⁾하고 있다. 또한, Passive House에서 규정하고 각 부위의 열관류율(U-value)은 외피의 경우 0.15 W/m²K, 창호의 경우 중부 유럽의 기후를 고려한 기준으로서 0.8 W/m²K으로 규정⁶⁾하고 있다.

그러나 패시브 하우스는 단독주택을 위한 기준이며, 비주거 건축물에 대한 패시브 기준까지는 제시하지는 않고 있다. 또한 각각의 상이한 기후에서 패시브 기준을 만족하게 하는 패시브 단열조건에 대한 연구가 진행된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는, 비주거 건축물에 대한 용도프로필을 적용하여 비주거 건물에 대한 패시브 기준(난방에너지 요구량 15 kWh/m²·년)을 만족하는 건축물에 대한 단열수준에 대해 분석하고자 한다.

3. 시뮬레이션 조건

본 연구는 ISO 13790⁸⁾의 건축물에너지 요구량에 대한 방법론으로 난방에너지 요구량에 대해 외피전도열손

실, 환기전도열손실, 내부발열획득, 일사열 획득을 바탕으로 지역별 월평균 외기온도에 따라 실내온도를 일정하게 유지하기 위하여 요구되는 열량 값을 만족시키는 단열수준을 엑셀을 통하여 산출하였다. 이를 위하여 패시브 난방요구량을 만족하기 위한 단열수준에 대한 프로세스는 Fig. 1과 같다. 이는 건축물 용도, 특성, 외피조건에 따라 기준 건축물 조건을 설정하고, 각 지역에 따른 기상데이터를 반영하여 패시브 단열 수준인 난방에너지 요구량 $15 \text{ kWh/m}^2\text{년}$ 을 만족하는 단열수준 조건을 구하는 방법으로 진행된다. 사실 ISO 13790은 국제적 기준으로 평가방법의 오류는 없지만 국내 사용조건에 따라서 에너지 결과 차는 크게 날 수 있는 것이 사실이다. 이번 연구는 컨셉상 개별 건물의 성능을 상세히 평가하는 목적이 아니라 지역별 대표 지역에 대하여 세움터 및 에너지효율등급인증 통계자료를 활용하여 국내 표준적인 설정조건에서 시뮬레이션을 수행하는 것으로 개별건물의 실측치와 차이가 날 수 있으나, 향후 국내 기반 설정 데이터가 지속적으로 구축된다면, 실측데이터와의 오차를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

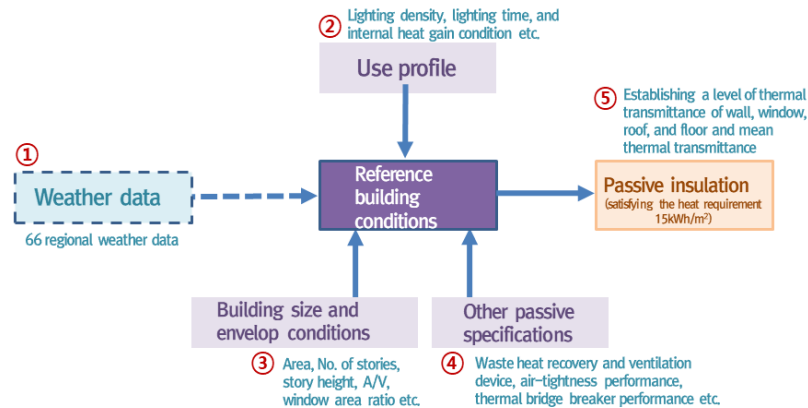


Fig. 1 Process to calculate an insulation level to satisfy the passive heating requirement

3.1 기상데이터 조건

기상데이터는 건축물 에너지 소비 총량제에서 제시하는 66개의 기상데이터⁹⁾중 중부, 남부, 제주 지역에 대하여 중부지역의 평창, 서울, 남부지역의 광주, 제주 지역의 제주에 대한 기상데이터를 기반으로 패시브 수준을 만족하는 열관류율을 제시하였다.

3.2 건축물 규모, 외피조건 및 기타 패시브 사양

건축물은 특성(규모, 외피조건, 바닥 면적 대비 외피면적비 등)에 따라 외피전도손실 및 일사 열획득량이 변화하며 특히 바닥 면적대비 외피 면적비 조건에 따른 패리미터존 조건에 의하여 서도 영향을 받는다. 이러한 건축물의 특성에 따른 실내발열량, 외피 손실량, 일사획득량의 실과 득의 합에 의하여 최종적으로 각각의 건축물의 에너지 요구량에 차이가 생긴다. 그렇기 때문에 국내 건설되는 비주거 건축물의 기준 조건을 위하여 '14년

01월부터 '18년 08월까지 “건축물의 에너지절약 설계기준” 허가를 받은 건축물 3만 4천 건을 분석하여 건축물 규모 및 외피조건을 정의하였다. 단, 인증 데이터의 평균값을 모두 만족하는 시뮬레이션 모델구성은 불가능 하므로, 인증 데이터를 기본으로 하되 일부 변수는 기존 연구를 참조¹⁰⁾하여 조정하였다. 기타 패시브 사양으로는 독일 DIN기준 및 패시브 하우스 기준을 준용하였다. 이에 대한 정리는 아래 Table 1과 같다.

Table 1 Building sizes, envelope conditions, and other passive specifications

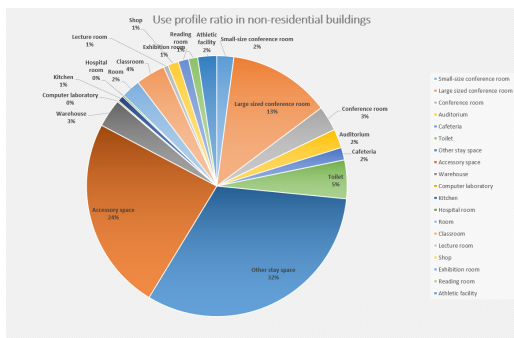
Building size and envelop conditions		Other passive specifications	
No. of stories	4.27 [stories]	Waste heat recovery and ventilation device	75 [%]
Story height (mode)	3.6 [m]	Air tightness performance	0.6 [times, based on n ₅₀]
Heating area of ground floor	7060 [m ²]	Thermal bridge	0.1 [W/m ² ·K]
Based on outside insulation Wall area ratio to (A)	0.577 [-]		
Area ratio of window and door	0.2433 [-]		
Area ratio of roof	0.2365 [-]		
Area ratio of floor	0.2316 [-]		

3.3 용도프로필

건축물의 실 구성에 따른 용도프로필에 따라 조명시간, 거주자의 발열량, 실내발열량 등이 달라져서 건축물 내부에 대한 내부 발열획득이 정해진다. 기준건축물의 조건을 구하기 위하여, '16년~'17년 건축물에너지 효율 등급 예비인증 881건에 대한 건물조사를 통하여 실구성 비율에 따른 면적 가중용도 프로필을 산출하여 표준 설정 조건을 산출하였다. 그에 따라 본 연구에서는 독일 DIN 18599⁸⁾에 따른 용도프로필을 반영하였으며 그에 따른 설정조건은 Table 2과 같다.

Table 2 Setup conditions of non-residential buildings according to room configuration ratio

Category	Unit	Buildings other than residential purpose	Business facility (efficiency grade)	Business facility (total energy consumption)
Minimum outdoor air volume	[m ³ /(m ² ·h)]	6.15	5.93	5.66
Lighting time	[h]	10.25	10.4	10.14
Person	[Wh/(m ² ·d)]	58.3	59.3	57.02
Work auxiliary equipment	[Wh/(m ² ·d)]	38.4	42.4	49.18
Indoor heat emission amount	[Wh/(m ² ·d)]	96.7	101.7	106.2



4. 지역기후에 따른 단열기준 분석

4.1 현 에너지 절약 기준에 따른 지역별 난방에너지 요구량

DIN 18599에서 난방에너지 요구량은 외피 전도열손실, 환기 열손실, 내부발열획득, 일사획득의 합산 값으로 표시되며, 난방 기간 내 월평균 외기온도에서 설정 실내온도에 따라 그 온도를 유지하기 위한 열량 값으로 표시된다.

이 연구에서는 앞서 제시된 기준 건물조건과 현 에너지 절약설계기준¹¹⁾(2016)의 지역별 건축물 부위의 열관류율을 적용하여 평창, 서울, 광주, 제주 4개의 지역별 기상데이터를 사용하여 연간 난방에너지 요구량을 분석하였다. 우선 지역별 난방에너지 요구량을 비교해 보면, 대체적으로 모든 지역에 대해 외기온도가 낮아짐에 따라 요구량이 커지는 것으로 보이나, 4월의 제주의 경우 서울에 비해 외기온도가 높음에도 불구하고 약간의 난방에너지 요구량이 발생하였다. 이는 평균온도가 높음에도 불구하고 제주도의 기후 특성상, 일사에너지 취득량¹²⁾이 적어 난방에너지요구량에 영향을 미친 것으로 보인다. Table 3은 각지역에 대한 외기온도에 따른 연간 난방에너지 요구량이다. 각 지역에 대한 연간 난방에너지요구량을 비교하여 보면 평창, 서울, 제주, 광주 지역 순으로 연간 난방에너지 요구량이 높게 나타났다. 현 에너지 절약기준 단열성능으로 각 지역에 대하여 지역별 부위별 열 관류율의 차이가 있음에도 불구하고, 광주와 제주의 경우 패시브 건축물 수준에 근접했으나 평창과 서울은 연간 난방에너지 요구량이 상대적으로 크게 나타났다. 특히 평창의 경우, 같은 서울지역과도 외기온도차가 큰 혹한지역임에도 불구하고, 서울과 같은 중부지역 기준이 적용되고 있기 때문에 난방에너지 요구량이 더 크게 나타났으며, 지역 간 밸런스 또는 패시브 수준을 만족하기 위해서는 혹한 지역에 대하여 기존의 단열성능이상의 부위별 열관류율 값 보완이 필요한 것으로 보인다.

Table 3 Heating energy requirements according to monthly outdoor temperature by region

Category		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Oct.	Nov.	Dec.	Heating requirement kWh/(m ² ·yr)
Pyeongchang (Middle 1)	Outdoor air temperature °C	-9.0	-5.0	-0.3	7.7	8.8	1.9	-4.3	29.8
	Heating energy requirement kWh/(m ² ·month)	9.9	5.5	3	0.1	0.1	3.5	8.0	
Seoul (Middle 2)	Outdoor air temperature °C	-1.5	2.3	5.1	13.1	15.2	8.3	1.9	17.5
	Heating energy requirement kWh/(m ² ·month)	7.0	3.0	1.7	0	0	1.2	4.4	
Gwangju (Southern)	Outdoor air temperature °C	1.1	3.9	8.3	14.2	15.7	10.2	2.8	14.4
	Heating energy requirement kWh/(m ² ·month)	5.8	2.4	0.9	0	0	0.4	5.0	
Jeju	Outdoor air temperature °C	5.5	6.6	9.7	13.8	18.3	12.5	8.5	16.7
	Heating energy requirement kWh/(m ² ·month)	6.3	3.7	1.6	0.3	0	0.8	4.1	

4.2 패시브 조건을 만족하는 건축물 단열조건

건축물에너지 난방요구량을 구성하는 열손실량 중 외피 전도에 대한 부분은 건축물의 지붕, 바닥, 창호 및 벽면에서 종합적으로 발생된다. 따라서 기준건축물을 고정했을 경우, 패시브 기준인 난방에너지요구량 15 kWh/m².년에 부합하는 수준을 만족하는 각각의 부위별 단열수준을 복합적으로 고려하는 것이 중요하다. Fig. 2는 지역별 패시브 수준을 만족하는 지역별 외피 및 창호 열 관류율의 상관관계를 도식하였다. 평창과 서울의 경우, 현 에너지절약기준 수준에 근접한 지붕바닥 평균 열관류율 0.2 W/m²K를 만족할 때 평창의 경우 외기온도가 낮아 외피에 의한 열 손실이 크므로 창호 열관류율이 최소 0.9 W/m²K를 만족하며 벽체의 열관류율은 0.1 W/m²K이하가 되어야 패시브 수준을 만족한다. 외기온도가 평창에 비해 상대적으로 낮지만 같은 중부지역에 속해있는 서울은 지붕/바닥이 0.2 W/m²K이고, 창호 열관류율이 현 중부지역 기준인 1.5 W/m²K일 경우 벽체 열관류율은 0.14 W/m²K이하가 되어야 패시브 기준을 만족한다. 이는, 같은 중부 지역에 묶여 있는 지역이라 하더라도 외기온도가 크게 차이 나는 곳은 추가 지역 세분화가 필요함을 반증한다. 반면, 광주와 제주도의 경우 이미 현 제도의 기준으로 이미 패시브 기준을 만족하고 있다. 제주의 경우, 지붕바닥 평균 열관류율이 현 기준과 비슷한 0.25 W/m²K이고, 창호열관류율이 2.4 W/m²K일 경우 패시브 수준의 벽체 열관류율은 최소 0.34 W/m²K가 되어야 하므로 현 법적 기준인 0.43 W/m²K보다는 강화된 열관류율이 요구된다.

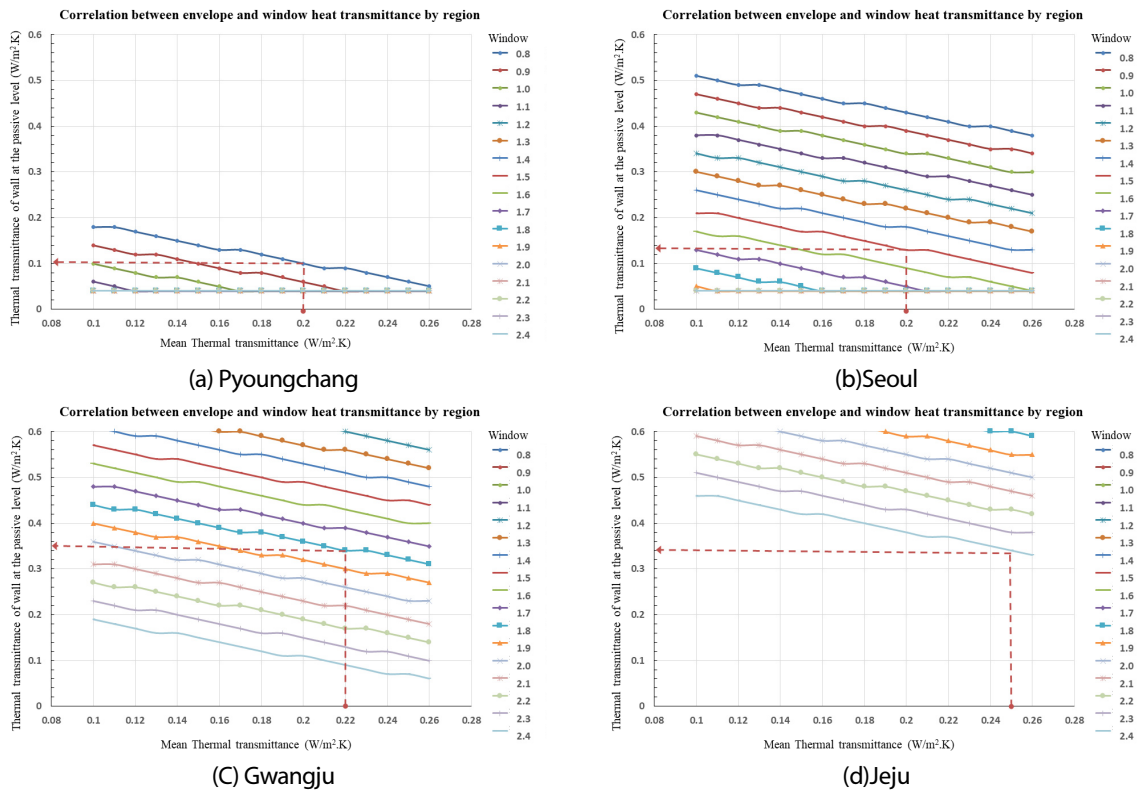


Fig. 2 Correlation between envelope and window thermal transmittances by region that satisfy the passive level

따라서 패시브 건축물수준에 대하여 난방에너지 요구량을 고려하여 건축물 부위별 단열기준을 제시하기 위해서는 현 기준과 비교하여 지역에 따라 지붕/바닥, 창호 및 벽체에 대한 단열기준을 복합적으로 고려하여 각각의 수준을 시장에서 받아들일 수 있도록 강화하는 것이 중요하다.

5. 결론

본 연구는 ISO 13790의 방법론을 이용하여 지역 기후조건에 따라 지역별 에너지 절약 설계기준의 부위별 단열기준을 만족하는 에너지 요구량을 구하였고, 각각의 지역 기후 조건에 대하여 패시브 건축물 기준을 만족하는 단열기준을 제시한 연구로서, 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 각 지역의 월별 난방에너지 요구량은 대부분 난방기(10월~3월)의 월 평균 외기 온도와 밀접한 상관관계를 보였으며, 제주와 같이 외기 온도는 높으나 일사량이 적고, 바람의 영향이 많이 부는 지역은, 같은 외기 온도라 하더라도 월별 난방에너지량이 좀 더 높게 나타났다.
- (2) 각 지역의 난방에너지 요구량은 평창 29.8 kWh/m²·년, 서울 17.5 kWh/m²·년, 광주 14.4 kWh/m²·년, 제주 16.7 kWh/m²·년으로 나타났다.
- (3) 패시브 수준의 건축물을 만족하기 위해서는 각 지역별 부위별 열관류율을 외기 조건에 따라 복합적으로 고려해야 한다. 같은 중부지역인 평창과 서울의 경우, 지붕/바닥의 0.2 W/m²K일 때 평창은 최소 창호 열관류율이 0.9 W/m²K, 벽체 열관류율은 0.1 W/m²K를 만족해야 하며, 서울의 경우 최소 창호 열관류율 1.5 W/m²K, 벽체 열관류율은 0.14 W/m²K를 만족하여야 패시브 수준을 만족할 수 있다.
- (4) 남부지역인 광주의 경우 이미 패시브 수준을 만족하고 있다.
- (5) 제주지역의 경우, 지붕/바닥 열관류율과 창호열관류율이 현 건축물에너지 절약 설계기준과 근접할 경우 벽체 열관류율이 최소 0.34 W/m²K이 될 경우 패시브 수준을 만족할 수 있다.
- (6) 향후 모든 건축물에 대한 지역별 패시브 건축물 수준의 에너지 절약 강화를 위하여, 66개 기상데이터가 존재하는 지역별 기상데이터 조건을 연구하고, 국내 기반 설정데이터를 지속적으로 업데이트 하여 에너지 요구량에 따른 지역구분과, 패시브건축물 조건에 대한 추가적인 연구가 필요하다.
- (7) 또한, 본 연구는 난방에너지 만을 고려하여 단열수준을 제시하여 정적 계산에 의하여 산출된 값이기 때문에 한계가 있다. 추후 동적시뮬레이션을 이용한 검증과 냉방까지 고려한 종합적 연구가 필요한 것으로 보인다.

후기

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진 연구개발사업의 연구비지원(17CTAP-C116666-02)에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Energy Statistical Yearbook in Korea Energy Agency, Dec. 2015.
2. Energy Balances of OECD countries (IEA, 2015).
3. Yoon, Y.S., Kim, E.J., Lee, S.J., Sim, M.H., A Study on the Correlation of Domestic Local Climate and Annual Heating Energy Demand, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol 30, No.1, pp. 209-216, 2014.
4. Lee, M.J., Kim, W.S., Lee, W.J., Lee, W.T., A Study about Reduction Rates of Building Energy Demand for a Detached House according to Building Energy Efficient Methods, Vol. 28, No.5, pp. 275-282, 2012.
5. Koh, G.H., Kim, J.G., Study on Technical Analysis of Regional Climate Sustainable Building-Focused on passive techniques, Vol.35, No.1, 327-328, 2015.
6. Wolfgang. Feist, Jurgen. Schnieders, Viktor. Dorer, Anne. Haas. Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the Passive house concept. Energy and Buildings 37 (2005) 1186-1203.
7. Lernzielkatalog "Zertifizierter PassivhausPlaner", Wolfgang Feist, PASSIV HAUS INSTITUT.
8. EN ISO 13790:2008 thermal performance of buildings - calculation of energy use for space heating and cooling, ISO, Geneva (2008).
9. Yeweon Kim, Hi-kyoung Jang and Ki-Hyoung Yu., Study on Extension of Standard Meteorological Data for Cities in South Korea Using ISO 15927-4, Vol. 8, No. 11.
10. Jung, Hae-Kwon, A Comparative Analysis of the Energy Performance Index for the Building Energy Rating Certified and Non-Certified Office Buildings, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol 31, No.3, pp. 163-170, 2015.
11. Regulation on Operation of Building Energy Efficiency Grade Certification System, Korea Energy Agency, Attached Table 1. Weather data.
12. Korea Meteorological Administration. Available online: <http://www.kma.go.kr/> (accessed on 10 July 2016).