

ZEB 활성화를 위한 부하기준 산정 방법 연구

이항주 · 김인수[†]

가천대학교 에너지IT학과

(2016년 9월 12일 접수, 2017년 10월 17일 수정, 2017년 10월 20일 채택)

A Study on the Calculation Method of Load standard for ZEB activation

Hangju Lee · Insoo Kim[†]

Gachon University, Dept. Energy IT

(Received 12 September 2016, Revised 17 October 2017, Accepted 20 October 2017)

요 약

국내에서는 국토부 7대 신산업, 산업부 8대 신산업으로 제로에너지빌딩이 지정되었으며, 건물외피의 단열성능 극대화와 건물 기기 효율향상 및 신재생 보급 확대를 위해 부처간 융합을 통해 제로에너지빌딩 보급 활성화 달성을 목표로 하고 있다. 국내에서 시행 중인 제로에너지빌딩 인증제에 해당되는 건물에너지효율등급 1++ 이상이 되는 건축물들의 부하(냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기)들의 에너지소요량을 분석하여 대략적인 부하들의 수준을 파악하고 제로에너지빌딩 인증제 고도화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있도록 하는 목적이 있다. 제로에너지빌딩 인증에 해당되는 건축물은 2017년 기준 61개 가량 되는 것으로 파악되고 있으며, 패시브 측면과 액티브 측면을 고려하여 5대 부하별 대략적인 기준 값과 1차 에너지소요량을 산정하였다. 부하기준 산정을 위한 데이터의 표본이 적어 명확한 기준이 된다고 보기는 어려우나 앞으로 제로에너지빌딩 인증 기준을 고도화하기 위해 다양한 방법들을 적용하여 해석할 필요성이 있다고 판단된다.

주요어 : 건물에너지효율등급 1++, 제로에너지빌딩 인증제, 5대 부하, 부하기준, 1차 에너지소요량

Abstract - In Korea, the zero energy building was designated as the 7 new industries in the Ministry of Land and the 8 new industries in the Ministry of Industry. In order to maximize the insulation performance of the building envelope, improve the efficiency of building equipment, We are aiming. It is necessary to analyze the energy requirements of the buildings (cooling, heating, hot water supply, lighting, ventilation) of buildings with energy efficiency level of 1+ ++ which is equivalent to the zero energy building certification system in Korea, It is aimed to be used as basic data for the advancement of energy building certification system. Zero Energy Building certification is estimated to be 61 buildings by 2017, and the approximate reference value and the first energy requirement for each of the five loads are calculated considering passive and active aspects. It is difficult to say that it is a clear standard because there is a small sample of data for calculating the load standard. However, it is necessary to interpret various methods in order to upgrade the Zero Energy Building certification standard in the future.

Key words : Building energy efficiency grade 1 ++, Zero energy building certification system, 5 large load, Load standard, primary energy requirement

[†]To whom corresponding should be addressed.

Tel : 031-750-8560 E-mail : kis0103@gachon.ac.kr

1. 서론

세계 각국에서는 온실가스 배출과 화석에너지 절감을 위해 다양한 규제와 지원책을 구성하여 시행하고 있다. 건물분야는 국가 온실가스 배출 25%, 에너지 소비 20%를 차지하고 있으며, 높은 에너지 사용 비중을 가지고 있다. 국내에서는 국토부 7대 신산업, 산업부 8대 신산업으로 제로에너지빌딩이 지정되었으며, 2016년 한국에너지공단의 제로에너지융합 얼라이언스를 통해 각 기술요소 별 부처간 융합을 통해 제로에너지빌딩 보급 목표 달성에 활발한 활동을 진행 중에 있다.

제로에너지빌딩(ZEB : Zero Energy Building)이란 건물에서 요구하는 에너지소요량을 최소화하고 소비되는 에너지를 신재생에너지 생산을 통해 소비되는 에너지가 0인 건축물을 뜻한다. 국내에서는 제로에너지건축물 인증제(17.1.20)를 도입하여 제도화 하였으며, 에너지 성능기준 강화(건축물 창호·외벽 등)하고 신재생에너지 보급(인센티브 등) 활성화 등 다양한 정책 제도 시행을 통해 활성화를 도모하고 있다. 하지만 제로에너지빌딩 인증을 위해 기준들이 전무한 상태이며, 명확한 기준 및 방법론이 제시되고 있지 않아 제로에너지 인증을 위한 연구가 심도 있게 진행되어야 할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 국내에서 시행 중인 제로에너지인증제에 해당되는 건물에너지효율등급 1++이상이 되는

건축물들의 실제 인증 데이터를 기반으로 하여 지역별 외벽, 외부창, 지붕, 바닥의 열관류율 적용 현황을 분류하고 실제 사용된 열원설비 및 신재생설비 적용에 따라 변화되는 에너지요구량, 에너지소요량, 1차 에너지소요량 추세를 분석하였으며, 이를 통해 5대 부하(냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기)에 해당되는 대략적인 각각의 수치 값을 해석하여 제로에너지빌딩 인증제 고도화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있도록 하는 목적이 있다.

첫 번째 건축물의 규모, 위치, 용도, 설비 현황 등을 분석을 통해 기본 특성을 알고자 하며, 두 번째 주로 사용되는 에너지 소비 형태를 분석하여 소비 특성을 파악하고자 하며, 세 번째는 국내에서 인증 중에 있는 제로에너지빌딩에 대한 각각의 부하들의 현황을 파악하고자 한다.

2. 제로에너지빌딩 부하산정

제로에너지인증제에 해당되는 건물에너지효율등급 1++이상 되는 61개의 실제 데이터를 기반으로 각 해당되는 지역별 열관류율이나 부하별 열원기기, 신재생설비 적용에 따라 변화되는 각각의 에너지요구량, 에너지소요량, 1차 에너지소요량으로 분류하였으며, 또한 연면적별 적용되는 열원 설비 및 용량에 따라 부하들이 변화되는 값들을 추세선 분석을 통해 예측하여 보았다.

Table 1. Central region heat flow rate result

| Total floor area | outer wall | Legal basis | External window | Legal basis | roof | Legal basis | floor | Legal basis |
|------------------------|--------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 1000m ² 이하 | 0.203 | 0.260 | 0.940 | 1.500 | 0.116 | 0.150 | 0.133 | 0.220 |
| 2000m ² 이하 | 0.251 | | 1.476 | | 0.150 | | 0.211 | |
| 3000m ² 이하 | 0.219 | | 1.488 | | 0.150 | | 0.200 | |
| 4000m ² 이하 | 0.200 | | 1.200 | | 0.135 | | 0.135 | |
| 6000m ² 이하 | 0.194 | | 1.346 | | 0.118 | | 0.149 | |
| 6000m ² 초과 | 0.191 | | 1.300 | | 0.108 | | 0.126 | |
| Reference value | 0.202 | | 1.323 | | 0.127 | | 0.142 | |

2-1. 열관류율

제로에너지빌딩의 경우 Passive 측면과 Active 측면으로 나뉘어지며, 열관류율 부문은 Passive 측면과 아주 밀접한 관계를 가지고 있다. 건축물에 사용되는 자재, 창문 등, 주위 환경조건에 따라 건축물에서 요구하는 에너지의 양은 변화한다. 지역별 열관류율 기준 조사를 통해 중부, 남부, 제주도로 나뉘었으며, 해당되는 외벽, 외부창, 지붕, 바닥을 대상으로 각각의 현황들을

분석하였다.

연면적을 기준으로 하여 1000㎡이하 6000㎡초과 건축물에 대하여 각각의 법적기준에 해당되는 열관류율 값을 비교하였으며, 실제 데이터 값을 기반으로 각각의 값을 추출하였다. 대부분의 값은 법적기준 범위에 포함되어 있다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 표본으로 필요한 데이터의 값이 적어 대략적인 중간평균

Table 2. Southern Region Thermal Percentage Results

| Total floor area | outer wall | Legal basis | External window | Legal basis | roof | Legal basis | floor | Legal basis |
|------------------------|------------|-------------|-----------------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|
| 2000㎡이하 | 0.181 | 0.320 | 1.120 | 1.800 | 0.129 | 0.180 | 0.146 | 0.250 |
| 3000㎡이하 | 0.267 | | 1.798 | | 0.173 | | 0.223 | |
| 4000㎡이하 | 0.261 | | 1.282 | | 0.179 | | 0.222 | |
| 6000㎡이하 | 0.281 | | 1.800 | | 0.169 | | 0.250 | |
| 6000㎡초과 | 0.258 | | 1.336 | | 0.180 | | 0.250 | |
| Reference value | 0.261 | | 1.336 | | 0.173 | | 0.223 | |

Table 3. Results of heat transfer rate in Jeju area

| Total floor area | outer wall | Legal basis | External window | Legal basis | roof | Legal basis | floor | Legal basis |
|------------------------|------------|-------------|-----------------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|
| 3000㎡이하 | 0.314 | 0.430 | 2.128 | 2.400 | 0.150 | 0.250 | 0.150 | 0.330 |
| 4000㎡이하 | 0.403 | | 2.050 | | 0.150 | | 0.152 | |
| Reference value | 0.359 | | 2.089 | | 0.150 | | 0.151 | |

Table 4. Energy Requirement in Change of External Wall Heat Transfer Rate by Region

| division | central | Southern | Jeju | heating | cooling | Hot water | light | Requirement |
|-----------------------------------------|---------|----------|------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 20.2미만 | 0.18 | 0.15 | x | 22.75 | 21.95 | 7.50 | 16.70 | 68.90 |
| 0.2-0.25 | 0.22 | 0.22 | x | 27.02 | 21.75 | 8.25 | 15.30 | 72.32 |
| 0.25-0.3 | 0.26 | 0.27 | x | 23.65 | 22.90 | 7.50 | 17.35 | 71.40 |
| 0.3초과 | x | 0.31 | 0.36 | 16.28 | 25.03 | 17.15 | 15.20 | 73.65 |
| Reference value (Unit: kWh / m²) | | | | 23.20 | 22.43 | 7.88 | 16.00 | 71.86 |

Table 5. Energy Requirement for Change of External Window Thermal Permeability by Region

| division | Central | Southern | Jeju | heating | cooling | Hot water | light | Requirement |
|----------------------------------------------------|---------|----------|------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 1미만 | 0.94 | 0.94 | x | 19.63 | 20.78 | 7.50 | 15.63 | 64.46 |
| 1.0-1.5 | 1.33 | 1.24 | x | 22.90 | 22.80 | 7.50 | 16.15 | 70.64 |
| 1.5-0.2 | 1.84 | 1.75 | x | 25.10 | 24.45 | 8.25 | 14.58 | 74.17 |
| 0.2초과 | x | 2.30 | 2.09 | 16.28 | 30.65 | 11.55 | 15.95 | 75.58 |
| Reference value (Unit: kWh / m²) | | | | 21.26 | 23.63 | 7.88 | 15.79 | 72.40 |

Table 6. Energy Requirement in Change of Roof Thermal Permeability by Region

| division | Central | Southern | Jeju | heating | cooling | Hot water | light | Requirement |
|----------------------------------------------------|---------|----------|------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 1미만 | 0.09 | x | x | 26.10 | 16.70 | 7.50 | 13.20 | 63.59 |
| 1.0-1.5 | 0.12 | 0.14 | x | 22.40 | 23.45 | 7.50 | 16.40 | 68.87 |
| 1.5-0.2 | 0.15 | 0.18 | x | 26.00 | 22.78 | 11.03 | 15.35 | 75.32 |
| 0.2초과 | x | 0.21 | 0.15 | 21.58 | 25.88 | 14.40 | 17.08 | 79.03 |
| Reference value (Unit: kWh / m²) | | | | 24.20 | 23.11 | 9.26 | 15.88 | 72.09 |

Table 7. Energy Requirement for Change in Floor Heat Flow Rate by Region

| division | Central | Southern | Jeju | heating | cooling | Hot water | light | Requirement |
|----------------------------------------------------|---------|----------|------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 1미만 | 0.10 | x | x | 24.40 | 18.30 | 7.50 | 11.90 | 62.20 |
| 1.0-1.5 | 0.12 | 0.18 | x | 22.35 | 22.35 | 7.50 | 17.65 | 67.62 |
| 1.5-0.2 | 0.16 | 0.21 | x | 24.40 | 22.60 | 8.95 | 16.70 | 72.70 |
| 0.2초과 | 0.24 | 2.30 | 2.09 | 24.50 | 26.00 | 7.50 | 16.80 | 75.25 |
| Reference value (Unit: kWh / m²) | | | | 24.40 | 22.48 | 7.50 | 16.75 | 70.16 |

값을 적용하여 현황정도를 파악할 수 있는 수준으로 작성이 되었다는 점을 유의해야 한다.

다음은 각 요소별 열관류율에 따라 에너지요구량의 변화를 살펴보았다. 외벽, 외부창, 지붕, 바닥에 대한 열관류율 기준 범위에 포함되는 수치 값들을 나열하여 중간평균을 산정하여 각 항목별 에너지소요량 기준 값을 산정해 보았다.

기존 연면적별 법적기준과 실제 데이터 값을 비교 분석한 결과 외벽, 외부창, 지붕, 바닥에 열관류율 전

체 에너지요구량 기준 값은 약 70.16 ~ 72.09 kWh/m²으로 추출되었으며, 지역별 열관류율 법적기준 값은 상이하게 적용되어 있지만 기준 내 범위에서 벗어나지 않는 것으로 분석되었다.

2-2. 연면적별 설비 적용 시기

Active 측면에서 건축물에 어떠한 설비가 적용되는 지에 따라 사용되는 에너지 값은 증가하거나 감소하게 된다. 이 관점에서 각각의 열원설비(온열원(난방,급탕),

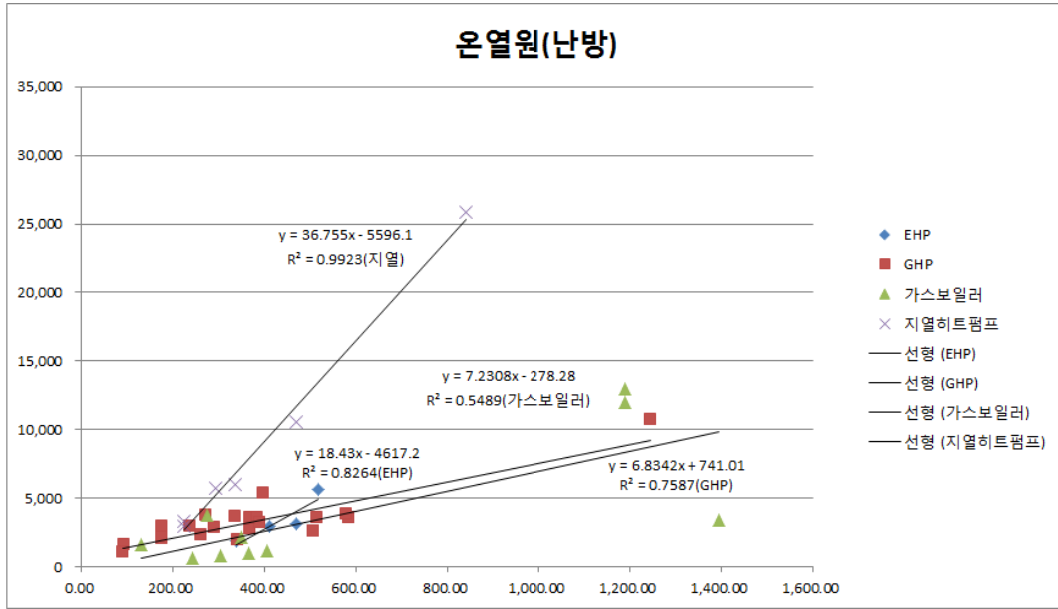


Fig 1. Floor area heating (heating) facility capacity (kW) Trend

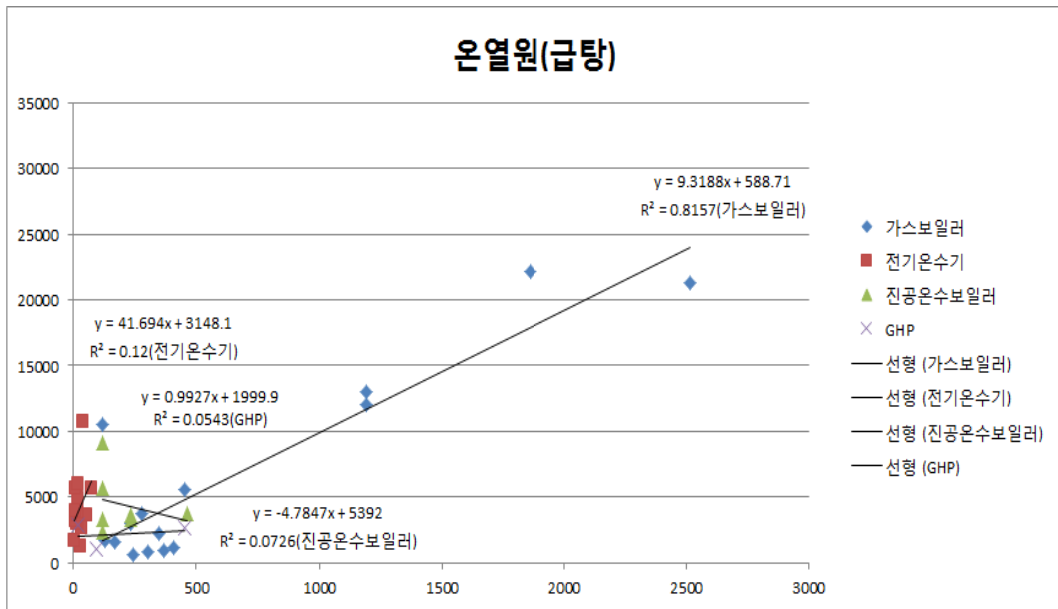


Fig 2. Total area heating (hot water) facility capacity (kW) Trend

냉열원(냉방) 적용 현황과 설비별 에너지소요량 값을 추출하였다.

현재 인증된 1++ 대상 건축물에서는 온열원(난방) 설비는 주로 EHP, GHP, 가스보일러, 지열히트펌프를 사용하고 있으며, 기존 데이터를 활용하여 연면적별 설비용량 함수를 통해 대략적인 범위를 설정하였다. 여기서 x축은 설비용량(kW)이 되고, y축은 연면적(m²)

이 된다. 추세선을 통해 나온 값은 분석해보면 온열원 난방기기중 지열히트 펌프의 경우 x값에 용량을 넣을 시 실제 인증 받은 건물과 유사한 연면적과 설비용량이 나오는 것을 확인할 수 있었다. 다만 기존의 모든 데이터의 표본수가 적어 신뢰성이 떨어져 대략적인 추세 및 수치정도만을 파악할 수 있었으며, 연면적 5,000 m²이하에 경우 GHP, EHP 200~400kW, 지열히트펌프의 경우 300kW 분포되고 있으며, 가스보일러의 경

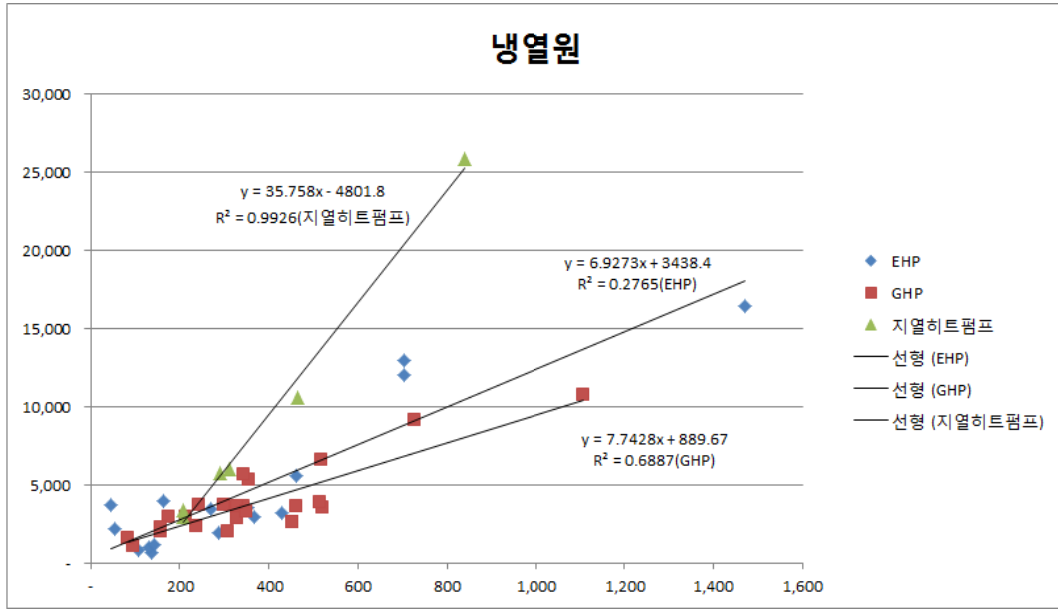


Fig 3. Capacity (kW) Trend of Cooling Source Plant by Floor Area

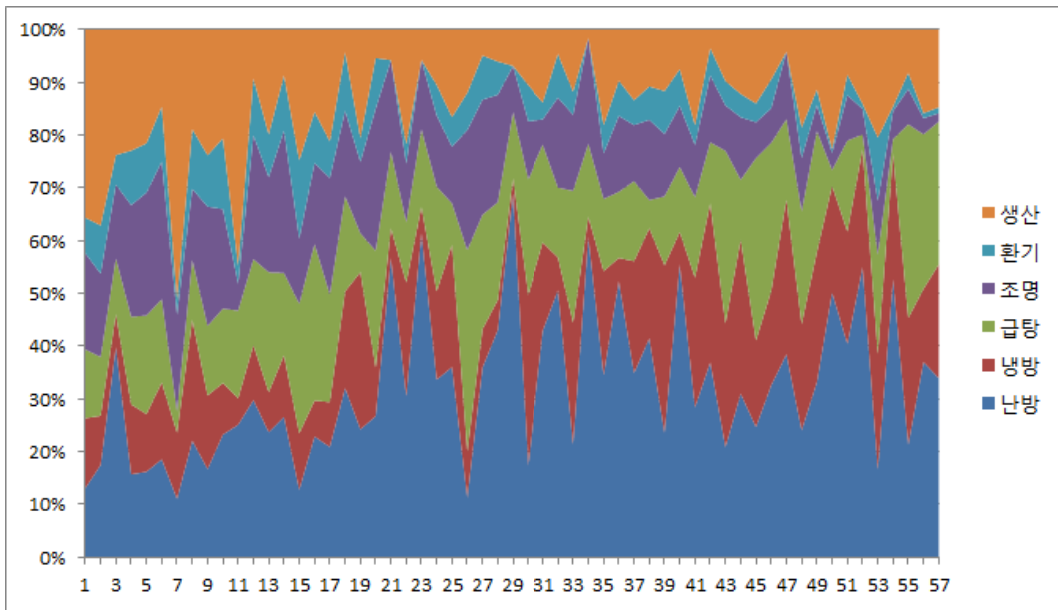


Fig 4. Energy requirement weight

우 연면적 크기에 따라 용량 차이가 크게 늘어나거나 줄어드는 것을 볼 수 있다.

온열원(급탕)설비는 주로 가스보일러, 전기온수기, 진공온수보일러, GHP를 사용하고 있으며, 위 방법과 동일한 형태로 범위를 설정하였다. 마찬가지로 연면적 5,000㎡이하에 경우, GHP 100~400kW, 가스보일러 130~450kW, 전기온수기 10~20kW, 진공온수보일

러 115~460kW에 분포되어 있으며, 가스보일러 이외 설비의 경우 추세 함수의 신뢰성이 상당히 떨어지므로, 급탕의 경우는 타 조건에 의해 용량 차이가 크게 변화된다는 점을 확인할 수 있다.

냉열원설비는 주로 EHP, GHP, 지열히트펌프를 사용하고 있으며, 연면적 5,000㎡이하에 경우, EHP 45~460kW, GHP 85~450kW, 지열히트펌프 208kW으

Table 8. The amount of primary energy required per facility combination

| Heat source (heating) | Heat source (Hot water) | Cold source | Primary Energy Requirement (kWh / m ²) | | | | | total |
|--------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------------------------|---------|-----------|-------|-------------|-------|
| | | | heating | cooling | Hot water | light | Ventilation | |
| EHP | Electric water heater | EHP | 26.9 | 17.5 | 19.5 | 22.4 | 14.8 | 100.9 |
| GHP | GHP | GHP | 54.3 | 33.3 | 10.7 | 29.4 | 5.9 | 133.5 |
| GHP | Gas boiler | GHP | 56.5 | 19.95 | 16.7 | 19.2 | 12.2 | 124.6 |
| GHP | Electric boiler | GHP | 56.4 | 29.9 | 16.1 | 18.1 | 9.7 | 130.1 |
| GHP | Electric water heater | GHP | 41.8 | 30.6 | 24.4 | 25.4 | 13.3 | 135.5 |
| GHP | Vacuum hot water boiler | GHP | 43.3 | 29.3 | 12.9 | 23.5 | 12.9 | 121.9 |
| Gas boiler | Gas boiler | EHP | 51.1 | 11.8 | 12.7 | 29.9 | 17.2 | 122.7 |
| Gas boiler | Gas boiler | Single air conditioner | 46.45 | 15.2 | 17.65 | 42.2 | 9.3 | 130.8 |
| Geothermal Heat Pump | Gas boiler | Geothermal Heat Pump | 26 | 19.9 | 12.5 | 45.7 | 16.3 | 120.4 |
| Geothermal Heat Pump | Electric water heater | Geothermal Heat Pump | 35.1 | 15.3 | 28.6 | 29.6 | 17 | 125.6 |

로 분포되어 있으며, GHP를 가장 많이 사용하고 있으며, GHP, 지열히트펌프의 경우 연면적에 비례한 형태의 추세를 보이고 있으나 EHP의 결과 값의 경우 신뢰성이 상당히 떨어지는 것으로 확인할 수 있다.

2-3. 신재생에너지

현재 인증된 1++ 대상 건축물에서 신재생에너지 설비는 에너지소요량을 감축해주는 역할과 제로에너지 빌딩 인증제의 에너지자립율과 민접한 관계를 가지고 있다. 신재생에너지 설비를 통해 전기에너지를 생산하여 기존 부담해야 되는 에너지를 상쇄시켜 주고 또한 건축물에서 필요로 하는 에너지를 이상 생산할 경우 이를 통해 판매까지 가능하다. 건축물에 적용되는 신재생에너지는 태양광, 태양광, 지열이 대부분 설치되어 있으며, 61개의 대상 중 56개의 건축물에 신재생에너지 설비가 설치되어 있다.

신재생에너지설비가 적용된 에너지소요량 비중은 다음과 같다.

지열은 에너지 생산에 전기에너지를 소비하기 때문에 화석연료 사용이 불가피한 만큼 일반 신재생에너지 생산과는 다르게 실제 인증에서는 일정량 일부만 축소하여 적용한다.

3. 열원설비 조합별 1차 에너지소요량

건축물에너지효율등급 1++ 대상 건축물들은 열원설비의 조합에 따라 그 분포가 매우 다르며, 열원설비 조합에 따라 1차 에너지소요량 값의 차이 변동이 심하다. 온열원과 냉열원에 적용된 기기에 따라 1차 에너지소요량의 변화 값을 살펴보고 주요 기기별 1차 에너지소요량을 분류하여 추세를 살펴보고자 한다.

설비별 조합 분석 결과는 EHP를 온열원으로 사용한 경우 1차 에너지소요량이 가장 적게 나왔으며, 설비 효율에 따라 결과 값도 감소하는 것을 알 수 있었다. 대부분의 인증 건물은 온열원과 냉열원을 GHP로 활용을 많이 하고 있으며, 설비 조합 부문에서도 가장 많은 설비 조합들을 차지하는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

현재 국내 제로에너지건축물의 등급 수준은 “건축물에너지 효율등급” 대상 상위 5% 수준인 에너지효율 등급 1++ 등급수준이며, 제로에너지 건축물 최소 인증 수준으로 정의하여 인증제를 운영하고 있다.

본 논문은 ZEB 인증의 기준인 건축물에너지효율등급 1++ 이상 되는 사례를 기반으로 실제 데이터를 적용하여 지역별 열관류율 및 설비시스템 적용 현황을 분석하였다. 또한 온열원과 냉열원 설비 조합에 따라 1차 에너지소요량의 대략적인 수치를 도출하였다. 이는 앞으로 제로에너지인증제 고도화를 위한 기초자료로 활용하는 목표로 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) Passive 측면에서 열관류율은 중부, 남부, 제주 지역 모두 해당 범위를 수렴하는 것으로 분석 되었으며, 각각의 외벽, 외부창, 지붕, 바닥 변화에 따라 전체 에너지요구량 기준 값은 약 70.16 ~ 72.09 kWh/m²으로 도출되었다.

(2) 온열원(난방)의 경우 EHP, GHP, 가스보일러, 지열히트펌프를 주로 적용하고 있으며, 연면적 5,000 m²이하에 경우 GHP, EHP 200~400kW, 지열히트펌프의 경우 300kW 분포되어 있다. 온열원(급탕)의 경우 가스보일러, 전기온수기, 진공온수보일러, GHP를 주로 적용하고 있으며, 면적 5,000m²이하에 경우, GHP 100~400kW, 가스보일러 130~450kW, 전기온수기 10~20kW, 진공온수보일러 115~460kW 분포되어 있다. 냉열원의 경우 EHP, GHP, 지열히트펌프를 주로 적용하고 있으며, 연면적 5,000m²이하에 경우, EHP 45~460kW, GHP 85~450kW, 지열히트펌프 208kW으로 분포되어 있다. 열원 설비 중 정부 정책지원에 따라 GHP를 적용한 사례가 가장 많았다는 것을 알 수 있었다.

(3) 건축물에 적용되는 신재생에너지는 태양광, 태양광, 지열이 대부분 설치되어 있으며, 61개의 대상 중 56개의 건축물에 신재생에너지 설비가 설치되어 있다. 이 중 태양광의 비중이 가장 높으며, 설치가 유의하고 정부지원정책에 따라 점차 비중이 높아질 것으로 판단 된다.

(4) 위 결과를 통한 열원설비 조합별 1차 에너지소요량은 EHP(난방)+전기온수기(급탕)+EHP(냉방) 조합 일 때 100.9kWh/m² 로 가장 적은 수치값을 보이며, 열원

전체를 사용하는 GHP의 적용 경우가 비중이 높았다.

본 논문은 제로에너지빌딩 의무화에 따른 기준들의 추세를 파악하여 점차 그 평가방법 또는 평가기준 등에 활용할 수 있도록 하는 데에 기여 할 것으로 기대한다. 이 정도의 데이터를 가지고 정확한 부하 정립을 하지는 쉽지가 않으나 앞으로 심도 있는 연구를 진행 하면서 실제 설비 측면, 용도, 지역, 설계 등을 고려하여 고도화한다면 신뢰성의 부분을 개선할 수 있을 것이라 판단되며, 지속적인 연구를 통해 부하기준 정립을 위한 다양한 방법들을 적용하여 활용할 수 있도록 연구를 수행할 것이다.

후기

본 연구는 과제번호 20162010104270 ‘제로에너지빌딩 요소기술 패키지 (패시브&액티브) 융복합화 및 실증연구’ 연구의 일환으로 수행되었습니다.

References

1. Sung, U, J 2017, A Review of Domestic Zero Energy Building Technology and Prospect, AIK, Vol. 61, No. 404, pp. 13-16
2. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2017, A Study on the Improvement and Supporting System for Activating Zero Energy Building, pp. 43-77