ARTICLE

# ISO 13790과 ISO 52016에 의한 월별 난방에너지 소요량 분석

조정훈* · 윤근영**†

*경희대학교 건축공학과, 석박사통합과정
**경희대학교 건축공학과, 부교수

# Monthly Heating Energy Needs Analysis According to ISO 13790 and ISO 52016

Zo Chung-Hoon* · Yun Geun-Young**†

*Combined M.S/Ph.D Coures, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University
**Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Kyung Hee University

†Corresponding author: gyyun@khu.ac.kr

## Abstract

Governments are increasing energy efficiency in buildings through various policies to reduce building energy consumption. In 2002, the European Union adopted a building energy performance guideline to set minimum efficiency standards for residential and commercial buildings. Starting in 2020, all EU member states should ensure that all buildings are Near-Zero Energy Buildings (NZEB). In Korea, the government issued a zero-energy certification system. Since 2020, public buildings are required to cover energy consumption with the energy produced in buildings. As the demand for building energy simulation has increased to increase the energy efficiency of these buildings, the International Standard Organization (ISO) has created a standard for calculating building energy requirements called ISO 13790. This standard was revised to ISO 52016 in 2017. In this research, ISO 13790, which calculates the energy needs of existing buildings, and ISO 52016, which replaces them, are compared and analyzed, and applied to the calculation of heating energy needs of buildings. For models without thermal zoning(Case A), the difference in annual heating energy needs calculated from each criterion is 1.08 kWh/m$^2$, which is about 2% higher in ISO 52016. In the case of the thermal zoning model(Case B), the difference in annual heating energy needs calculated by each standard was 0.97 kWh/m$^2$, which was about 2% higher than ISO 52016. The heating energy needs model without thermal zoning has a higher energy needs than the heating energy needs model with thermal zoning. It is about 16% energy at 8.58 kWh/m$^2$ for ISO 13790 and 8.69 kWh/m$^2$ for ISO 52016.

**Keywords:** ISO 13790, ISO 52016, 건물 에너지 소요량(Building energy needs), 월간 계산법(Monthly calculation method)

OPEN ACCESS

Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.39, No.5, pp.11-28, October 2019
https://doi.org/10.7836/kses.2019.39.5.011

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

**Received:** 03 October 2019

**Revised:** 21 October 2019

**Accepted:** 22 October 2019

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.

# 1. 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

각국 정부는 건물 에너지 소비를 줄이기 위해 다양한 정책을 통해 건물의 에너지 효율을 높이고 있다. 2002년 유럽연합은 주거용 및 상업용 건물 모두에 대한 최소 에너지 효율 기준을 산정하는 건물 에너지 성능 지침을 채택하였다. 예를 들어 2020년부터 모든 EU 회원국은 건설 중인 모든 건물이 NZEB(Nearly-Zero Energy Building)인지 확인해야한다[1]. 전 세계적으로 유사한 조치 및 법이 조성되고 있는데, 국내의 경우 국토교통부에서 제로에너지건축 인증제를 발표하여 2020년부터 1000 $m^2$이상 공공건축물은 건물에서 생산된 에너지로 에너지 소비량을 충당해야하는 제로 에너지 건축이 의무화하였다. 2025년엔 500 $m^2$이상 공공건축물과 1000 $m^2$이상 민간 건축물로 확대되고 2030년부터는 500 $m^2$이상 모든 건축물을 제로에너지 건축물로 시공해야 한다[2].

이러한 건물의 에너지 효율을 높이기 위하여 건물 에너지 시뮬레이션에 대한 수요가 증가되었다. 유럽(CEN) 및 국제(CEN 및 ISO)에서는 위와 같은 정부 정책을 실행하기 위해서 건물 에너지 소요 및 소비량에 대한 모델링이 필수적이다[3]. ISO 13790 기준(준정상 상태 모델, Quasi-steady state model)은 건물의 에너지 성능을 평가하는데 있어서 주로 공간 냉난방 에너지 소요량을 계산하기 위한 기준을 만들었다[4]. 이 기준은 냉난방 에너지 소요량을 시간 및 월 단위로 계산할 수 있는 계산 방법으로 구성된다. 2017년 ISO 52016으로 대체되었다[5,6].

ISO 52016은 건물 에너지 해석을 위한 ISO 52000(건물의 에너지 성능 : 전반적인 평가) 시리즈 중 건물 냉난방 에너지 소요량 계산방법이다. 새로운 기준은 ISO 52010의 기상데이터 변환 방법, ISO 13798의 열 전달량 계산방법, EN 16798의 환기의 흐름 및 공급 온도 계산방법, ISO표준 창문에 의한 일사 특성, EN 16798-1(건물 에너지 성능: 건물 환기)과 ISO 17772(건물의 에너지 성능: 실내환경 품질)와 연계되어 계산된다. 각 기준들이 ISO 52016과 연계되는 과정은 Fig. 1과 같다.

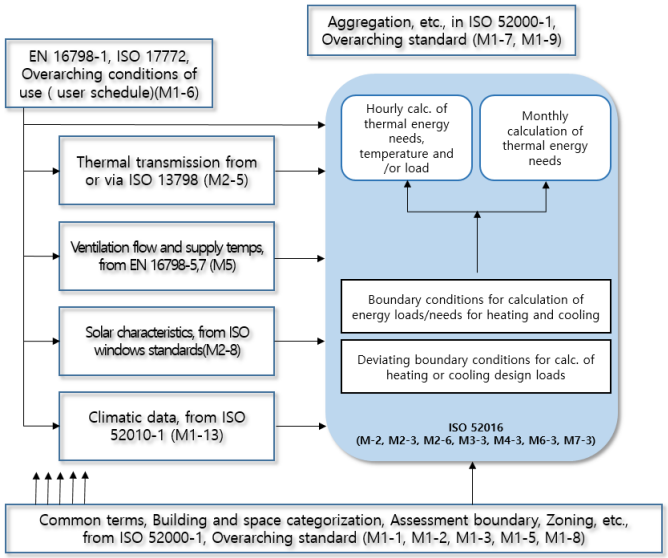



**Fig. 1** Relationship between ISO 52016 and ISO 52000 Series[6]

본 연구의 목적은 기존 건물 에너지 소요량을 계산하는 ISO 13790과 이를 대체는 ISO 52016을 비교 분석하고 이를 실제 건물의 난방 에너지 소요량 계산에 적용하여 각 기준간의 차이점을 파악하는데 있다.

### 1.2 선행 연구

ISO 52016에 대하여 냉난방 에너지 소요량에 대한 기존 문헌 검토를 하려 했으나 2017년에 발표 된 이후, 새로운 기준에 대한 검증과 관련된 논문은 거의 없었다. 그래서 본 연구에서는 현재 다양한 시뮬레이션 기법에서 사용 중인 기존 기준인 ISO 13790의 특징, 신뢰성, 정확성 평가에 대한 주요 결과를 검토하였다.

안기언 외 (2012)는 동적 건물 에너지 성능분석의 쟁점들에 대해 연구하였다. 정적 건물에너지 성능 분석 방법(BESS, CE3, ECO2-OD 등)과는 달리 동적 건물 에너지 성능 분석방법(DOE-2, EnergyPlus, eQuest, ESP-r, IES-VE, TRNSYS 등)의 차이점은 시뮬레이션 모델을 디자인하는 과정에서 사용자의 주관적 판단이 개입되어 모델의 객관성과 신뢰성이 하락될 수 있으며, 규범적 입력변수의 부재로 인해 사용자에게 고충과 혼란을 줄 수 있다. 또한, 시뮬레이션 사용자와 모델 그리고 결과에 대한 검증이 없다는 것을 파악하였다[7].

오세민 외(2011)는 ISO 13790 기반의 웹기반 건물에너지성능 평가 솔루션인 CE3(Construction Energy Efficiency Evaluation)와 EnergyPlus를 이용하여 연간 냉난방 에너지 소요량를 비교하였다. 그 결과 동일한 형상 정보 및 구성요소의 물청치를 가지고 모델링을 해도 전혀 다른 결과값이 발생할 수 있으며, ISO 13790의 경우 빠르고 신속한 대안평가가 가능하며 평가자의 주관적 판단을 최대한 배제하여 건물에 내재된 불확실성을 감소시키는 특징을 확인하였으며, 이와 같은 특징으로 인해 만약 평가자의 주관적 판단이 개입될 시 결과에서 상이한 차이가 발생할 수 있음을 확인하였다[8].

김희강(2013)은 Passive House Planning Package(PHPP)와 EnergyPlus와의 단일 구역 모델을 비교분석하였다. 단일존 해석 모델을 이용하여 한계가 있지만, 각 시뮬레이션에 따라 월별 냉난방 에너지 소요량에 대한 나온 결과는 난방 평균 16.7%, 냉방 평균 9.2%, 총 평균 오차율이 12.4%였고, 냉난방 모든 경우에서 경량 모델에 비해 중량 모델이 최대 및 최소값의 차이가 크게 나타났다는 결과를 보였다[9].

송승영 외(2010)은 ISO 13790의 월별 계산방법을 이용하여 내단열 대비 외단열 공동주택의 열교 제거와 열용량 증가에 대한 에너지 절약 효과에 연구되었으며, 내외단열 시스템을 적용하여 선형 열관류율을 산출한 결과, 65.1%에서 86.4%까지 낮아져 단열성능을 향상시키는 것을 확인하고, 연간 난방 에너지 소요량은 10.2% 연간 냉방 에너지 소요량 1.3% 감소하는 것을 확인하였다[10].

최현웅 외(2013)은 ISO 13790과 EnergyPlus에 대해 단일 구역 모델로 비교한 결과 간헐 운전시 연간 냉방부하의 오차율은 월별로 최소 12.16%에서 최대 117.86%까지 발생하며 연간 난방부하의 오차율도 최소 9.86%에서 97.26%까지 분포하는 것을 확인하였다[11].

각 연구들은 ISO 13790과 같은 준정상 상태의 모델링기법을 기반한 시뮬레이션 도구과 동적 시뮬레이션 도구인 EnergyPlus를 각각 결과값을 비교하여 ISO 13790이 가진 특징들을 파악하고 오차율을 파악하는데 집중

되었다. 또한, 오차율을 보완하기 위해 다양한 각도에서 오차율을 줄여나가기 위한 연구는 계속 되었으며, 이에 대한 신뢰성 검증 및 국내 실정에 맞는 유효계수들을 찾기 위해 진행되었다는 것을 확인하였다.

## 2. ISO 52016의 건물 에너지 소요량 산정방법

### 2.1 계산 방법

ISO 52016에 의한 월별 에너지 소요량을 계산하기 위해서는 총 열전달량과 총 열획득량 그리고 열획득 활용계수가 필요하다. 총 열전달량은 외피 열전달량과 환기 열전달량으로 계산되고, 총 열획득량 또한 실내 발열량과 일사 취득량을 구한 뒤 결정된다. 최종적으로 에너지 소요량을 산출할 때 열획득 활용계수를 고려한다.

Table 1에서 정리된 것과 같이 연간 공간 냉난방 에너지 소요량($Q_{H/C;nd;ztc;an}$)을 구하기 위해서는 월별 공간 냉난방 에너지 소요량을 계산되어야 한다. 월별 공간 냉난방 에너지 소요량을 구하기 위해서는 총 열전달량($Q_{H;ht;ztc;m}$)과 총 열획득량($Q_{H;gn;ztc;m}$) 및 열획득 활용계수($\eta_{Hl;gn;ztc;m}$)를 고려하여 계산되는데, 총 열전달량은 외피 열전달량, 환기 열전달량에 의해 구해지며, 총 열획득량은 실내 발열량과 일사 취득량에 의해 계산된다.

**Table 1** Calculation factors for building energy needs

| Mothly energy needs | | Division |
|---|---|---|
| Total heat transfer | Heat transfer by transmission | • Heat transfer coefficient<br>• Total heat transfer coefficient<br>• Calculation temperature of zone<br>• Monthly mean air temperature<br>• Mean temperature for the whole year<br>• The duration of the month |
| | Heat transfer by ventilation | • Heat transfer coefficient by ventilation<br>• Calculation temperature of zone<br>• Monthly mean air temperature<br>• The duration of the month |
| Total heat gains | Internal heat gains | • Conditioned zone internal heat gain<br>• The adjustment factor<br>• the distribution factor for gains<br>• the reduction factor<br>• Unconditioned zone internal heat gain |
| | Solar heat gains | • Conditioned and unconditioned monthly solar heat gain<br>• The adjustment factor<br>• the distribution factor for gains<br>• the reduction factor |
| Gain utilization factor | | • When $\gamma > 0$, and $\gamma \neq 1$<br>• When $\gamma = 1$<br>• When $\gamma \leq 0$ and heat gain $> 0$<br>• When $\gamma \leq 0$ and heat gain $\leq 0$ |

### (1) 총 열전달량

외피 열전달량은 각 지면과 접해 있는 구조체와 접하지 않는 구조체로 구분하여 계산된다. 각 구조체의 전도 열전달량은 실내 및 실외온도(또는 지중온도)의 차이에 열전달계수를 고려한 뒤 총 시간을 계산하여 산출되며, 난방모드 시 열전달량은 식(1)을 이용하여 산출한다.

$$Q_{H/C;tr;ztc;m} = (H_{h;tr;(excel.gf;m);ztc;m}(\theta_{int;calc;H/C;ztc;m} - \theta_{e;a;m}) + H_{gr;gn;ztc;m}(\theta_{int;calc;H/C;ztc;m} - \theta_{e;a;an})) \times 0.001 \times \triangle t_m \quad (1)$$

| | |
|---|---|
| $H_{H/C;tr;(excel.gf;m);ztc;m}$ | 지면과 접한 구조체를 제외한 외피의 총열전달계수 (W/K) |
| $H_{gr;an;ztc;m}$ | 지면과 접촉하는 구조체의 열전달계수 (W/K) |
| $\triangle t_m$ | 해당 월의 시간 (h) |
| $\theta_{int;calc;H/C;ztc;m}$ | 월평균실내온도 (℃) |
| $\theta_{e;a;m}$ | 월평균 공기온도 (℃) |
| $\theta_{e;a;an}$ | 연평균온도 (℃) |

환기 열전달량($Q_{H;ve;ztc;m}$)은 월평균 실내온도와 외기 온도의 차에 대해 시간단위로 계산한 뒤 환기 열전달계수($H_{H;ve;ztc;m}$)로 보정하여 구해진다. 환기 열전달량과 환기 열전달 계수는 식(2, 3)로 계산된다.

$$Q_{H/C;ve;ztc;m} = H_{H/C;ve;ztc;m} \cdot (\theta_{int;calc;H/C;ztc} - \theta_{e;a;m}) \cdot \triangle t_m \quad (2)$$

$$H_{H/C;ve;ztc;m} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k (b_{ve,k;H/C;m} \cdot q_{ve,k;H/C;m} \cdot f_{ve,dyn;k;m}) \quad (3)$$

| | |
|---|---|
| $H_{H/C;ve;ztc;m}$ | 총 환기 열전달계수 |
| $\theta_{int;calc;H/C;m}$ | 계산된 월평균 실내온도 (℃) |
| $\theta_{e;a;m}$ | 월평균 외기온도 (℃) |
| $\triangle t_m$ | 해당월의 시간 (h) |
| $\rho_a \cdot c_a$ | 공기의 단위부피당 열용량 (J/(m$^3$ · K) |
| $q_{ve,k;H/C;m}$ | 열적공간으로 공급되는 종류별 환기 k의 월평균풍량 (m$^3$/s) |
| $b_{ve,k;H/C;m}$ | 환기 종류 k의 무 차원 온도보정계수 |
| $f_{ve,dyn;k;m}$ | 동적 수정 계수 |

### (2) 총 열획득량

열획득량($Q_{H;gn;ztc;m}$)은 실내 발열량($Q_{H;int;ztc;m}$)과 일사 취득량($Q_{H;sol;ztc;m}$)에 의해 계산된다. 실내 발열

량을 구하기 위해서 식(4)가 필요하다.

$$Q_{H/C;int;ztc;m} = Q_{H/C;int;dir;ztc;m} + \sum_{k=1}^{n}[(1-b_{ztu;k;m}) \cdot F_{ztc;ztu;k;m} \cdot f_{gn;\max;H;ztu;k;m} \cdot Q_{H/C;int;dir;ztu;k}] \quad (4)$$

| | |
|---|---|
| $Q_{H/C;int;dir;ztc;m}$ | 모든 실내발열요소의 합 (kWh) |
| $b_{ztu,k;m}$ | 인접한 열적비공조 공간의 조정계수 |
| $F_{ztc;ztu,k;m}$ | 분배계수 |
| $f_{gn;\max;H;ztu,k;m}$ | 과도한 산출을 피하기 위한 보정 계수 (W/K) |

총 실내 발열량을 구하기 위해서는 각 월별 실내발열요소를 필요로 하는데 식(5)을 이용하여 산출된다.

$$Q_{H/C;int;dir;ztc;m} = (Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m} + Q_{H/C;spce;int;A;zt;m} + Q_{H/C;spec;L;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;WA;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;HVAC;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;proc;m}) \times A_{use;zt} \quad (5)$$

| | |
|---|---|
| $Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m}$ | 재실자에 의한 발열량 (kWh/m$^2$) |
| $Q_{H/Cspec;int;A;zt;m}$ | 기기 발열량 (kWh/m$^2$) |
| $Q_{H/C;spec;int;L;zt;m}$ | 조명기구 발열량 (kWh/m$^2$) |
| $Q_{H/C;spec;int;WA;zt;m}$ | 온수 및 온배수로부터 발열량 (kWh/m$^2$) |
| $Q_{H/C;spec;int;HVAC;zt;m}$ | 냉난방 및 환기시스템으로부터 회수 가능한 발열량 (kWh/m$^2$) |
| $Q_{H/C;spec;int;proc;zt;m}$ | 프로세스 발열량 (kWh/m$^2$) |
| $A_{use;zt}$ | 사용면적 (m$^2$) |

위 산출값을 보정하기 위해 분배 계수가 사용되어지는데 2가지 유형으로 열적 공조공간과 인접한 비공조 공간사이의 열전달 분배계수로 만약 두 개 이상의 열적 공조공간과 인접한 경우와 한 개의 열적 공조공간과 인접한 경우으로 나뉘어진다. 각 유형의 분배계수를 구하기 위한 수식은 (6, 7)이다.

$$ztc.j : F_{ztc;ztu,k;m} = \frac{H_{ztc,i;ztu;m}}{\sum_{j}(H_{ztc.j;ztu;m})} \quad (6)$$

$$ztc : F_{ztc;ztu,k;m} = 1 \quad (7)$$

$H_{ztc.j;ztu;m}$ 공조공간과 비공조공간의 열전달 계수 (W/K)
$ztc.j$ 비공조공간과 인접한 공조공간의 부위를 의미

열획득량을 과도하게 산출되는 것을 피하기 위해 감소 계수를 필요로 하는데, 인접한 열적 공조공간이 하나일 때와 여러 개일 경우로 각 수식은 (8, 9)로 산출된다.

$$f_{gn;\max;H;ztu;m} = \frac{b_{ztu;m} \cdot H_{ztc;ztu}\,(\theta_{int;set;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m}) \times 0.001 \times t_m}{(Q_{H;int;ztu;m} + Q_{H;sol;ztu;m})} \tag{8}$$

$$f_{gn;\max;H;ztu;m} = \frac{b_{ztu;m} \cdot \sum_{ztc}((H_{ztc;ztu}\,(\theta_{int;set;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m})) \times 0.001 \times t_m}{(Q_{H;int;ztu;m} + Q_{H;sol;ztu;m})} \tag{9}$$

$b_{ztu;m}$ 열적 비공조 공간의 인접 계수
$H_{ztc;ztu}$ 열적 비공조 공간과 인접한 열적 공조공간의 열 전달 계수 (W/K)
$Q_{H;int;ztu;m}$ 외부에 인접한 경우의 실내발열량 (kWh)
$Q_{H;sol;ztu;m}$ 외부에 인접한 경우의 일사취득량 (kWh)
$t_m$ 그 달의 지속된 시간

총 일사 취득량을 구하기 위한 수식은 (10)과 같다.

$$Q_{H/C;sol;ztc;m} = Q_{H/C;sol;dir;ztc;m} \tag{10}$$

이 때, 고려할 유형들이 있는데, 첫 번째로 비 공조 구역이 인접한 경우 총 일사 취득량을 산출할 때 식(11)이 사용된다.

$$Q_{H/C;sol;ztc;m} = Q_{H/C;sol;dir;ztc;m} + \sum_{k=1}^{n}[(1 - b_{ztu,k;m}) \cdot F_{ztc;ztu,k;m} \cdot f_{gn;\max;H;ztu,k;m} \cdot Q_{H/C;sol;dir;ztu,k}] \tag{11}$$

$Q_{H/C;sol;dir;ztc;m}$ 모든 실내발열요소의 합 (kWh)
$b_{ztu,k;m}$ 인접한 열적 비 공조 공간의 조정계수
$F_{ztc;ztu,k;m}$ 분배계수
$f_{gn;\max;H;ztu,k;m}$ 과도한 산출을 피하기 위한 보정 계수 (W/K)

각 월별 일사 취득량을 구하기 위한 수식은 (12)와 같다.

$$Q_{H/C;sol;dir;k;m} = \sum_{k=1}(Q_{H/C;sol;wi;k}) + \sum_{k=1}(Q_{H/C;sol;op,k}) \quad (12)$$

$Q_{H/C;sol;wi;m}$ 투과성 자재의 월별 일사 취득량 합
$Q_{H/C;sol;op,k}$ 불투과성 자재의 월별 일사 취득량 합

투과성 자재의 월별 일사 취득량을 계산하기 위한 수식은 (13)과 같다.

$$Q_{H/C;sol;wi} = g_{gl;wi;H/C;m} \cdot A_{wi} \cdot (1 - F_{fr;wi}) \cdot F_{sh;obst;wi;m} \cdot H_{sol;wi;m} - Q_{sky;wi;m} \quad (13)$$

$g_{gn;wi;H/C;m}$ 유효 일사투과율
$A_{wi}$ 창문 면적 ($m^2$)
$F_{fr;wi}$ 프레임 면적비
$F_{sh;obst;wi;m}$ 외부장애물로 인한 음영감소율
$H_{sol;wi;m}$ 경사각 $\beta_{wi}$, 방위각 $\gamma_{wi}$에서 월별 단위면적당 일사량 ($kWh/m^2$)
$Q_{sky;wi;m}$ 창의 경사각 및 방위각에 따른 외부로의 월별 추가 열류량

불투과성 자재의 월별 일사 취득량을 계산할 시에는 투과정 자재일 경우의 유효 일사투과율을 제외하고 태양 복사 흡수율과 외부 표면 열저항을 추가한 식(14)를 사용한다.

$$Q_{H/C;sol;op,k} = a_{sol;k} \cdot R_{se;k} \cdot A_{c;k} \cdot F_{sh;obst;k;m} \cdot H_{sol;k;m} - Q_{sky;k;m} \quad (14)$$

$a_{sol;k}$ 태양 복사 흡수율
$R_{se;k}$ 외부 표면 열저항, $R_{se} = 1/(h_{ce} + h_{re})$
$A_{c;k}$ 면적 ($m^2$)
$F_{sh;obst;wi;m}$ 무차원 외부 장애물로 인한 음영감소율
$H_{sol;wi;m}$ 경사각 $\beta_{wi}$, 방위각 $\gamma_{wi}$에서 월별 단위면적당 일사량 ($kWh/m^2$)
$Q_{sky;wi;m}$ 창의 경사각 및 방위각에 따른 외부로의 월별 추가 열류량

### (3) 획득 열량 활용 계수

냉난방에 대한 무 차원 이득 활용 계수 $\eta_{H/C.gn}$은 냉난방에 대한 열균형비 $\gamma_{H/C}$와 건물 관성에 따라 달라지는 수치 매개 변수 $a_H$의 함수이다. 활용 계수를 산출 할 때 A 방법과 B방법이 있다. Method A의 경우 열균형비를

구하기 위한 수식은 (15)이 사용되며, 각 조건별로 4가지 식(16-19)이 있다.

$$\gamma_{H/C;ztc;m} = \frac{Q_{H/C;gn;ztc;m}}{Q_{H/C;ht;ztc;m}} \tag{15}$$

열균형비가 0보다 크다거나 1보다 작을 경우

$$\eta_{H/C;gn;ztc;m} = \frac{1 - (\gamma_{H/C;ztc;m})^{(a_{H/C;ztc;m})}}{1 - (\gamma_{H/C;ztc;m})^{(a_{H/C;ztc;m}+1)}} \tag{16}$$

열균형비가 1일 경우

$$\eta_{H/C;gn;ztc;m} = \frac{a_{H/C;ztc;m}}{a_{H/C;ztc;m}+1} \tag{17}$$

열균형비가 0보다 작거나 0이지만 월별 열획득량이 0보다 클 경우

$$\eta_{H/C;gn;ztc;m} = 1/\gamma_{H/C;ztc;m} \tag{18}$$

열균형비가 0보다 작거나 0이지만 월별 열획득량 또한 0보다 작거나 0일 경우

$$\eta_{H/C;gn;ztc;m} = 1 \tag{19}$$

식(16)과 (17)를 산출 시 필요한 열용량에 따른 매개변수를 계산할 때 필요한 수식은 (20)이다.

$$a_{H/C;ztc;m} = a_{H/C;0} + \frac{\tau_{H/C;ztc;m}}{\tau_{H/C;0}} \tag{20}$$

| | |
|---|---|
| $\gamma_{H/C;ztc;m}$ | 열균형비 |
| $a_{H/C;ztc;m}$ | 수치 매개 변수 |
| $a_{H/C;0}$ | 기준 수치 매개 변수 |
| $\tau_{H/C;ztc;m}$ | 난방을 위한 공간의 시간상수 |
| $\tau_{H/C;0}$ | 기준 시간 상수 |

각 구역별로 냉난방을 이용하는 시간에 대한 상수를 구하기 위해 식(21)과 식(22)가 필요하다.

$$\tau_{H;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc}/3600}{H_{H;tr(excel.grfl);ztc;m} + H_{H;gr;adj;ztc} + H_{H;ve;ztc;m}} \tag{21}$$

$$\tau_{C;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc}/3600}{H_{C;tr(excel.grfl);ztc;m} + H_{C;gr;adj;ztc} + H_{C;ve;ztc;m}} \tag{22}$$

| | |
|---|---|
| $C_{m;eff;ztc}$ | 구역별 내부 열용량 (J/K) |
| $H_{H/C;tr(excl.grflr);ztc;m}$ | 지면과 접한 구조체를 제외한 외피의 총열전달계수 (W/K) |
| $H_{H/C;gr;adj;ztc}$ | 지면과 접촉하는 구조체의 계절별 평균 열전달계수 (W/K) |
| $H_{H/C;ve;ztc;m}$ | 환기로 인한 열전달계수 (W/K) |

## 2.2 구 기준과 개정된 기준의 차이

ISO 52016의 계산 방법을 사용하면 비냉난방 건물이나 냉난방 용량이 제한된 건물의 실내 온도을 계산할 수 있을 뿐만 아니라 작동 및 평균 복사 온도를 계산할 수 있으며, ISO 13790에서는 불가능하였다. 또한, ISO 13790과는 달리 바닥, 창 및 벽과 같은 개별 구성 요소는 열평형 방정식으로 정의되며, 일련의 연속된 노드를 모델링하며, 각 기준별 노드 계산 방법에 대한 컨셉은 Fig. 2와 같다. 이로 인해 여러 가지 장점이 있는데 여러 건물 요소를 건물 또는 건물 영역의 전체 열 용량에 집중시키는 대신 건물 요소 당 열 질량을 지정하는 방법 등이 있다. 하지만, 이 접근법의 단점은 훨씬 더 많은 수의 노드로 인해 각 영역에 대해 더 많은 계산 방법을 요구하고 있다[12,13].

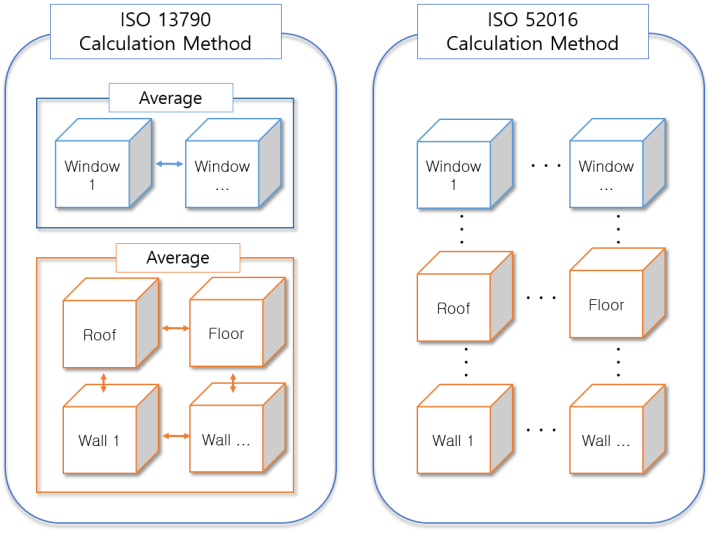



**Fig. 2** Comparison of calculation methods by node for each criterion (common input values: thermal characteristics, solar characteristics, thermal capacity)

ISO 52016의 월간 냉난방 소요량 계산 방법은 ISO 13790의 계산 방법과 큰 구조는 유사하지만 몇몇 주요한 차이점을 가지고 있다. 간헐적 냉난방 시의 영향과 공조 공간이 비 공조공간으로 인해 미치는 영향을 고려하는 방법이 다르며, 일사가 직접적으로 미치는 공간을 계산하는 절차가 있다. 또한, 공조 공간과 비 공조 공간의 실내 온도를 추정하는 방법과 과열 시 추정하는 방법에 차이가 있다[3].

ISO 52016의 주요 입력 변수 또한 ISO 13790과 유사하나, 더 세부적인 정보를 필요로 한다. 예를 들어 ISO 13790의 경우 재실자의 공간 이용시간을 내부 설정 온도에 맞춰서 산정되었지만, 새롭게 개정된 ISO 52016의 경우 재실자의 공간 이용시간 및 내부 설정 온도를 각각 설정해야한다. 이를 토대로 구역별 내부 공조기의 운영시간 및 환기량이 결정 되어 보다 더 정확한 입력 요소를 가지게 된다. 또한, 기존의 13790은 건물 재료의 열관류율, 열전도율, 열 저항값들이 포괄적으로 사용하게 되어 각 구역별로 입력값을 선정할 수 없었으나, ISO 52016의 경우 건축물에 사용된 모든 재료에 대해 입력값들을 선정하며 구역별로 건물재료의 물성치를 조정할 수 있다.

## 3. Case study

### 3.1 대상 건물 개요

건축물 에너지 평가를 진행에 있어서 중요한 외부변수인 기상데이터는 국내 기후를 반영하기 위해 대표적으로 수원지역을 선정하였고, 한국태양에너지학회에서 풍속, 상대습도, 대기앞, 노점온도 및 천공에 대한 값들을 추출하였으며, 건축물 에너지효율등급인증제도 표준집에 소개된 데이터에서 월평균 외기온도와 수평면/수직면 월평균 전일사량을 추출하여 사용하였다. 이에 따른 월평균 외기온도와 일사량은 Table 2와 같다.

**Table 2** Monthly average outdoor temperature

| Month | Temperature | Radiation (kWh/m$^2$) | | | | | Wind speed |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | North | East | Soutn | West | Horizon | |
| 1 | -2.1 | 0.03 | 0.05 | 0.12 | 0.05 | 0.08 | 1.70 |
| 2 | 0.2 | 0.04 | 0.07 | 0.13 | 0.09 | 0.12 | 1.89 |
| 3 | 6.3 | 0.05 | 0.12 | 0.12 | 0.06 | 0.14 | 2.29 |
| 4 | 13 | 0.07 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.18 | 2.30 |
| 5 | 17.6 | 0.06 | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 0.19 | 2.10 |
| 6 | 21.8 | 0.08 | 0.11 | 0.09 | 0.10 | 0.18 | 1.90 |
| 7 | 25.2 | 0.07 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.15 | 1.89 |
| 8 | 26.4 | 0.07 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.15 | 2.00 |
| 9 | 21.2 | 0.06 | 0.10 | 0.12 | 0.10 | 0.16 | 1.79 |
| 10 | 14.7 | 0.04 | 0.09 | 0.14 | 0.07 | 0.13 | 1.50 |
| 11 | 6.9 | 0.03 | 0.05 | 0.10 | 0.05 | 0.08 | 1.70 |
| 12 | 0.9 | 0.03 | 0.05 | 0.11 | 0.04 | 0.07 | 1.79 |

본 연구에서는 미국 에너지성(DOE, Department Of Energy)에서 제공하는 표준건물 중 소형 오피스 건물을 선정하였다. 건물의 면적은 511.19 $m^2$이며 열적 공간에 의해 5개 구역으로 그림 3과 같이 4개의 외주부와 1개의 내부주로 모델링을 하였으며, 남쪽 구역 및 북쪽 구역은 113.45 $m^2$, 동쪽 구역과 서쪽 구역은 67.3 $m^2$이며, 내주부는 149.66 $m^2$이며, 건물은 Fig. 3과 같다.

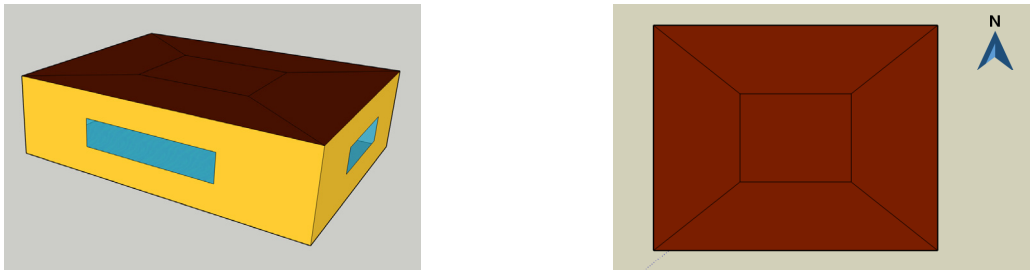



**Fig. 3** Building thermal zoning classification

각 용도 및 환기회수 그리고 설정온도는 에너지관리공단에서 규정된 건축물 에너지 효율등급 인증제도 운영규정에 따라 명시된 용도 프로파일을 기반으로 적용시켰다[14]. 겨울철 실내 설정 온도는 건물이용시간에 맞춰 오전 8시부터 9시까지는 18℃로 설정하였으며, 재실자가 실내 공간을 사용하는 시간대인 오전9시부터 17시까지 20℃ 그리고 재실자가 퇴실하는 시간대인 17시부터 18시까지 18℃로 선정하였다. 이와 같은 건물 개요는 Table 3과 같다.

**Table 3** Building summary

| Division | Value |
|---|---|
| Location | Suwon si, Korea |
| Usage | Office |
| Area | 511.19 $m^2$ |
| Floor | 1 |
| Window area | 59.7 $m^2$ |
| Indoor setting heating temperature | 18, 20 °C |

재실자 1명당 18 $m^2$를 사용하는 것으로 설정하였다. 국토교통부에서 시행된 건축물의 에너지 절약 설계 기준에 의거하여 중부2지역의 비 공동주택의 기준에 따라 단열재 두께, 열관류율 및 열전도율 값들을 사용하여 사례 연구 모델에 적용하였다. 이와 같은 평가 대상 건물의 건물재료 열관류율은 Table 4와 같다.

**Table 4** Heat transmission coefficient of building for evaluation (Unit : W/m$^2$ · K)

| Divsion | Exposure | Non-exposure |
|---|---|---|
| Wall | 0.24 | 0.34 |
| Roof | 0.15 | 0.21 |
| Floor | 0.2 | 0.29 |
| Window | 1.5 | 1.9 |

### 3.2 공통 입력 요소

ISO 52016으로 연간 냉난방 에너지 소요량을 산출할 때 필요로 되는 요소들와 건물에 대한 정보는 바닥 면적, 건물의 둘레, 총 바닥 면적, 벽체의 두께들이다. 또한, Table 5는 건물 재료들의 물성치는 열전도율, 열전달율, 열 저항 및 표면 저항값을 보여준다.

**Table 5** Common factors

| Division | Symbol | Unit | Value |
|---|---|---|---|
| Floor area | $A_{f;}$ | m$^2$ | 511.19 |
| Exposed perimeter | $P_{f;}$ | m | 22.6 |
| Fraction of total floor | $f_f$ | - | 1 |
| Thickness of the walls of the building | $D_{w;e}$ | m | 1 |
| Linear thermal transmittance associated with wall and floor junction | $\Psi_{wf}$ | W/(m.K) | 0.05 |
| Thermal resistance of the floor construction | $R_f$ | (m$^2$.K)/W | 0.49 |
| Thermal conductivity of ground | $\lambda$ | W/(m.K) | 2 |
| External surface resistance | $R_{se}$ | (m$^2$×K)/W | 0.24 |
| Internal surface resistance | $R_{si}$ | (m$^2$×K)/W | 0.34 |
| Specific heat capacity of air at constance pressure | - | - | 1008 |
| Amplitude of internal temperature variations | $\hat{\theta}_{int}$ | K | 3 |
| Annual mean external temperature | $\overline{\theta}_e$ | °C | 10 |
| Amplitude of external temperature variations | $\hat{\theta}_e$ | K | 7 |

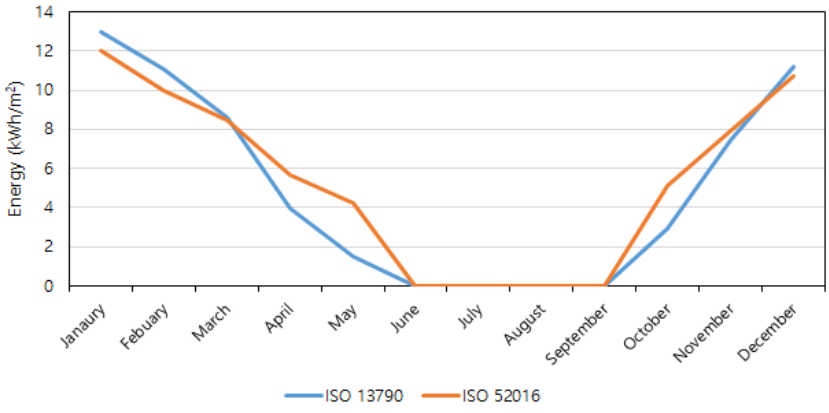
## 4. 난방 에너지 소요량

### 4.1 열적 죠닝(Thermal zoning 미적용 모델 (Case A)

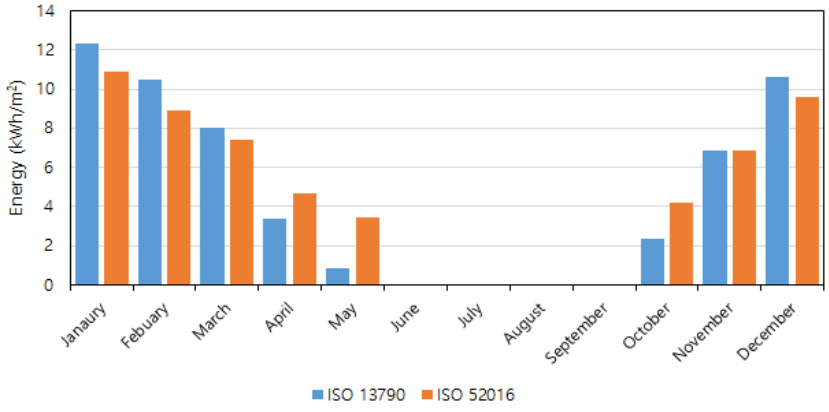
Case A의 경우 각 기준에서 산출된 연간 난방에너지 소요량의 차이는 1.08 kWh/m$^2$로 ISO 52016이 약 2% 높은 에너지 소요량을 보였다. ISO 13790으로 계산된 연간 난방에너지 소요량($Q_{H;nd,an}$)은 54.85 kWh/m$^2$였으며, ISO 52016의 결과는 55.94 kWh/m$^2$이다. ISO 52016에서 계산된 열전달량($Q_{H;ht}$)은 3~5%가량 낮은 패

턴을 보였다. 또한, 표 3.에서 확인할 수 있듯이 6월부터 9월은 외기 온도가 실내 설정 온도 20℃보다 평균적으로 3.65℃ 높아 난방 에너지 소요량이 존재하지 않았다. 연간 총 열전달량의 패턴은 Fig. 4(a)와 같다.

ISO 52016은 ISO 13790에 비하여 11월의 열전달량은 0.51 kWh/m$^2$의 낮게 계산되었으며, 5월에는 2.78 kWh/m$^2$가량 높게 나왔다. 난방 에너지 소요량도 2.58 kWh/m$^2$ 가량 ISO 52016이 높게 산출되었다. 그리고, 4월 및 10월도 ISO 13790에 비해 3% 높게 산출되어 최대 1.87 kWh/m$^2$의 차이를 보였지만, 그 외 기간인 1월, 2월, 3월 및 12월의 경우 ISO 13790에 비해 2% 낮게 산출되었다. 연간 난방 에너지 소요량을 보여주는 패턴은 Fig. 4(b)와 같다.




(a) Total heat gains ( $Q_{H;ht}$ )




(b) Heating energy needs ( $Q_{H;nd}$ )

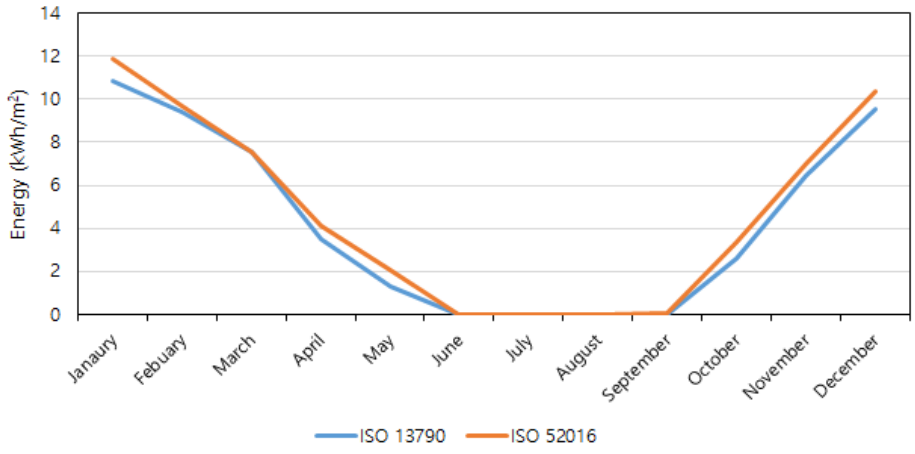
**Fig. 4** Comparison of results for each ISO 13790 and ISO 52016 in Case B

### 4.2 열적 죠닝(Thermal zoning) 적용 모델 (Case B)

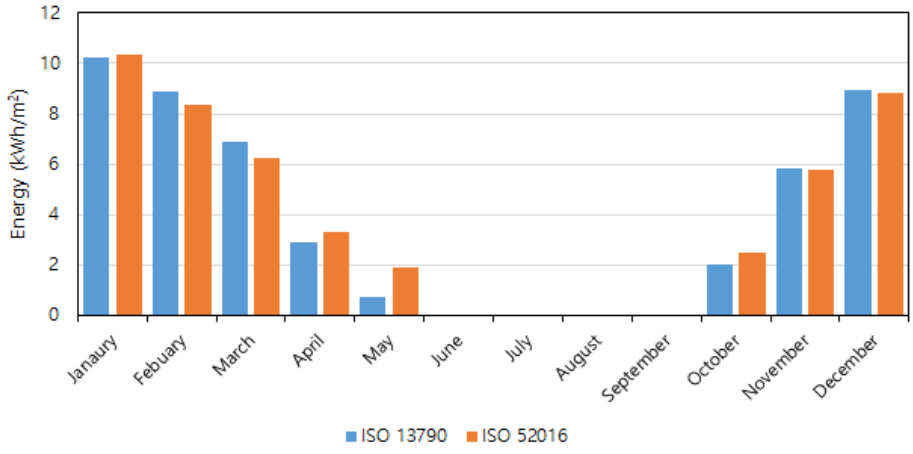
Case B의 경우 각 기준에서 산출된 연간 난방에너지 소요량의 차이는 0.97 kWh/m$^2$로 ISO 52016이 약 2% 가량 높은 에너지 소요량을 보였다. ISO 13790으로 계산된 연간 난방에너지 소요량($Q_{H;nd;an}$)은 46.28

kWh/m$^2$였으며, ISO 52016의 결과는 47.25 kWh/m$^2$이다. 총 열전달량의 패턴을 살펴보면 Case A의 경우보다 유사한 흐름을 보이고 있다. ISO 13790 대비 다소 큰 차이를 보이는 기간은 1월, 5월, 10월 및 12월로 약 2%의 낮은 비율의 에너지 소요량을 보였다. 이 기간 중 가장 높은 차이를 보인 1월의 경우 1.06 kWh/m$^2$였다. 그 외의 기간들인 2월 및 3월에는 ISO 52016이 각 0.24 kWh/m$^2$와 0.05 kWh/m$^2$의 높게 산출되었음을 확인하였다. 연간 총 열전달량의 패턴은 Fig. 5(a)와 같다.

각 기준의 난방 에너지 소요량을 비교하였을 때 ISO 13790와 ISO 52016이 가장 큰 차이를 보인 기간은 5월로 1.19 kWh/m$^2$의 차이를 보였으며 ISO 52016의 에너지 소요량이 약 3%가량 높은 결과를 보였다. 그리고 1월, 2월, 3월, 11월 및 12월은 ISO 13790보다 높게 산출된 기간이지만 최대 0.64 kWh/m$^2$의 근소한 차이를 보였다. 또한, SO 13790보다 낮게 산출된 기간의 4월 및 10월 또한 최대 0.52 kWh/m$^2$로 1%의 차이를 보였다. 연간 난방 에너지 소요량을 보여주는 패턴은 Fig. 5(b)와 같다.




(a) Total heat gains ( $Q_{H;ht}$ )




(b) Heating energy needs ( $Q_{H;nd}$ )

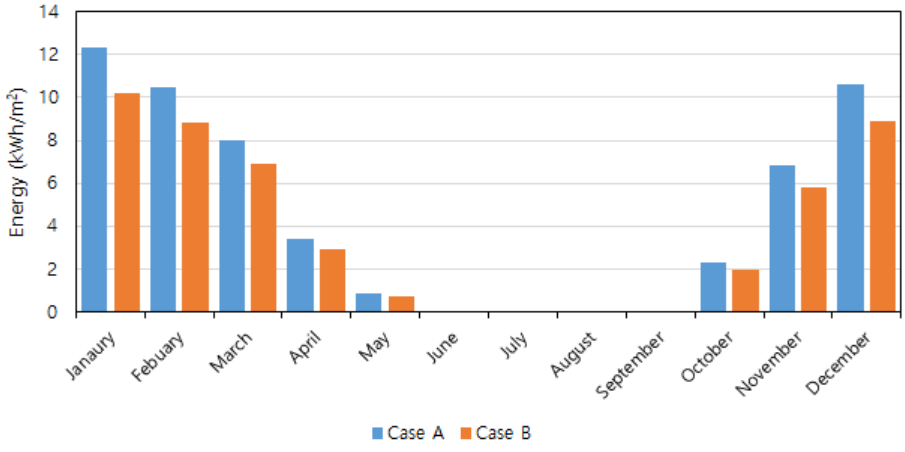
**Fig. 5** Comparison of results for each ISO 13790 and ISO 52016 in Case B

### 4.3 각 기준별 Case A와 Case B의 비교

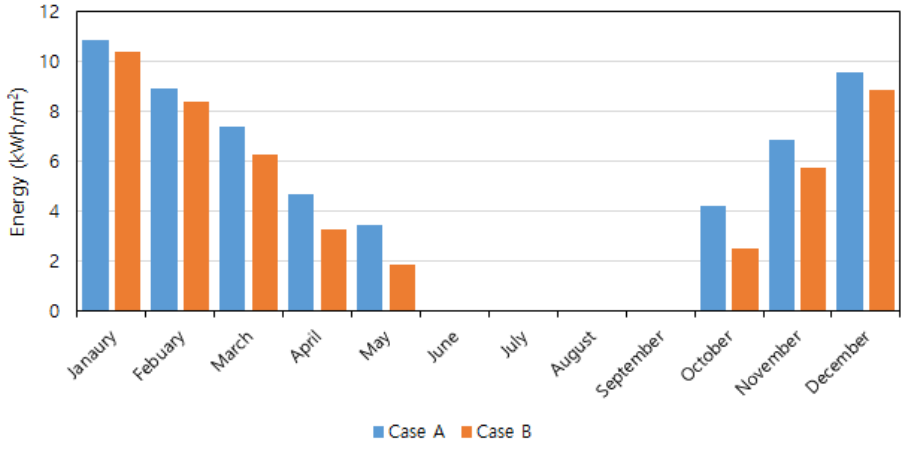
각 기준 모두 열적 죠닝을 적용하지 않은 Case A에 비해 열적 죠닝을 적용한 Case B가 낮은 연간 난방에너지 소요량이 산출되었는데, ISO 13790은 8.58 kWh/m$^2$, ISO 52016은 8.69 kWh/m$^2$로 약 16%가량의 에너지 소요량 차이를 보였다.

ISO 13790의 경우 가장 차이가 많은 기간은 1월로 2.12 kWh/m$^2$로 4%가량 Case B가 낮게 산출되었다. 가장 낮은 차이를 보인 기간은 5월로 0.18 kWh/m$^2$의 에너지 소요량 차이를 보였으며, 0.3%의 비율을 보였다. 연간 난방에너지 소요량은 평균 1.07 kWh/m$^2$의 차이를 보였다. ISO 13790의 난방 에너지 소요량 패턴은 Fig. 6(a)와 같다.

ISO 52016의 경우 Case A에 비해 Case B의 에너지 소요량은 가장 많이 차이를 보인 기간은 10월로 약 1.7 로 약 3%의 비율을 보였으며, 가장 적게 차이를 보인 기간은 1월로 0.49, 1%의 비율을 보였다. 1 kWh 미만의 차이를 보인 1월, 2월 및 12월을 제외하면 최소 1.12 kWh에서 최대 1.7 kWh로 2~3% 비율의 차이를 보였다. 연간 에너지 소요량은 평균적으로 1.09 kWh/m$^2$의 차이를 보였다. ISO 52016의 난방 에너지 소요량 패턴 Fig. 6(b)와 같다.




(a) ISO 13790




(b) ISO 52016

**Fig. 6** Heating energy needs of Case A and Case B by each standard

## 5. 결 론

본 연구에서는 기존 ISO 13790을 대체하는 ISO 52016 건물 에너지 소요량 계산방법에 대하여 건물 에너지 소요량 산출 방법 및 차이점에 대하여 알아보았다. 또한, 각 기준의 난방 에너지 소요량 계산방법을 이용하여 미국 에너지성의 소형 오피스 건물을 수원지역 위치한 기상 데이터를 기준으로 하여 결과를 산출하고 총 열전달량과 난방 에너지 소요량을 분석하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 에너지 소요량 산정방법인 ISO 52016은 ISO 13790과는 달리 바닥, 창 및 벽과 같은 개별 구성 요소는 열평형 방정식으로 정의되며, 일련의 연속된 노드를 모델링한다.

(2) 열적 죠닝을 미적용한 모델의 경우 각 기준에서 산출된 연간 난방에너지 소요량의 차이는 1.08 kWh/$m^2$로 ISO 52016이 약 2% 높은 에너지 소요량을 보였다. 열적 죠닝을 적용한 모델의 경우 각 기준에서 산출된 연간 난방에너지 소요량의 차이는 0.97 kWh/$m^2$로 ISO 52016이 약 2%가량 높은 에너지 소요량이 산출되었다.

(3) 열적 죠닝을 적용하지 않은 난방 에너지 소요량 모델은 열적 죠닝을 적용한 난방 에너지 소요량 모델에 비해 높은 에너지 소요량이 산출되었으며, ISO 13790은 8.58 kWh/$m^2$, ISO 52016은 8.69 kWh/$m^2$로 약 16%가량의 에너지 소요량 차이를 보였다.

(4) 차 후 시간별 냉난방 소요량 계산방법에 대해 분석하여 하루에 소비되는 냉난방 에너지 소요량을 살펴보고 실내 설정 온도에 따른 에너지 소요량 패턴을 분석을 통해 에너지 효율성을 높여 보이려 한다. 또한, 국내에서는 ISO 13790을 기반으로 한 건물에너지성능 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 건물에너지효율등급을 계산하고 있는데, 본 연구의 결과를 토대로 ISO 52016의 알고리즘을 사용하여 새로운 건물에너지성능 시뮬레이션 프로그램을 개발할 예정이다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(19AUDP-B127891-03)에 의해 수행 되었습니다.

## REFERENCES

1. Attia, S., Eleftheriou, P., Xeni, F., Morlot, R., Ménézo, C., Kostopoulos, V., Betsi, M., Kalaitzoglou, I., Pagliano, L., Cellura, M., Almeida M., Ferreira, M., Tudor Baracu, Viorel Badescu, Ruxandra Crutescu, Juan MariaHidalgo-Betanzos, Overview and Future Challenges of Nearly Zero Energy Buildings (nZEB) Design in Southern Europe. Energy and Buildings, Vol. 155, pp. 439-458, 2017.
2. Outline of Zero Energy Building Certification System, Ministry of Land, Infrastructure and Transport. http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36421/DTL.jsp
3. http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_36421/DTL.jsp
4. Dijk, D. V., Spiekman, M., and van Oeffelen, L. H., EPB Standard EN ISO 52016: Calculation of the Building'S Energy Needs for Heating and Cooling, Internal Temperatures and Heating and Cooling Load, 2016.

5. International Organization for Standardization, Energy performance of buildings - Energy Needs for Heating and Cooling, Internal Temperatures and Sensible and Latent Heat Loads - Part 1: Calculation Procedures (ISO Standard No. 52016-1:2017); 2017.
6. International Organization for Standardization. Energy performance of Buildings-Energy Needs for Heating and Cooling, Internal Temperatures and Sensible and Latent Heat Loads - Part 2: Explanation and Justification of ISO 52016-1 and ISO 52017-1 (ISO Standard No. ISO/TR 52016-2:2017); 2017.
7. Ahn, K. U., Kim, Y. J., and Park, C. S., Issues on Dynamic Building Energy Performance Assessment in Design Process. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 28, No. 12, pp. 361-369, 2012.
8. Oh, S. M. and Park, C. S., Comparison of ISO 13790 Monthly Calculation Method with Dynamic Energy Simulation. J. Korean Inst. Archit. Sustain. Environ. Build. Syst, pp. 139-142, 2011.
9. Kim, H. G., Jang, H. I., Park, C. Y., Yoon, S. H., Choi, C. H., and Hong, J. P., Comparison of Analysis Results between Quasisteady-state Method Based on ISO 13790 and Dynamic Method Using Weather Data. Journal of KIAEBS, Vol. 7, No. 4, pp. 274-280, 2013.
10. Song, S., Koo, B., and Lim, J., Comparison of Annual Heating and Cooling Energy Demands of Internally and Externally Insulated Apartment Buildings Considering the Thermal Bridging Effect and the Heat Capacity Difference Using Monthly Calculation Method of ISO 13790. Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 7, pp. 321-332, 2010.
11. Choi, H., Han, S., Lee, D., Yu, H., and Kim, J., Applicability of Utilization Factors in ISO 13790 Monthly Method Load Calculation for Office Building in Korean context. Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol. 7, No. 2, pp. 126-134, 2013.
12. Horvat, I. and Dović, D., Dynamic Modeling Approach for Determining Buildings Technical System Energy Performance. Energy Conversion and Management, Vol. 125, pp. 154-165, 2016.
13. International Organization for Standardization, EN ISO 52016 : Energy Performance of Buildings - Energy Needs for Heating and Cooling, Internal Temperature and Sensible and Latent Heat Loads-Part1 : Calculation Procedures, https://www.iso.org/standard/65696.html, 2017.
14. Regulation of building energy efficiency certification system, Korea Energy Agency, 2013.