

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

열류계법을 이용한 건물 외벽체 열저항 추정의 수렴성 및 정확성 분석

Analyzing the Convergence Characteristics and Accuracy of Thermal Resistance Estimation of the Building Exterior Wall using Heat Flow Meter Method

○이 예 지* 고 명 진** 최 두 성***
Lee, Ye-Ji Ko, Myeong-Jin Choi, Doo-Sung

키워드 : 열류계법, 평균법, 열저항, 현장측정, 외벽체

Keywords : Heat flow meter method, Average method, Thermal resistance, In-situ estimation, Exterior wall

건물의 에너지 소비를 줄이기 위해 외벽체의 열성능을 향상시키는 것이 중요하다. 건물 외벽체의 열저항과 열관류율은 열성능을 평가하는 핵심 지표이며, 건축물을 설계하고 계획하는 단계에서는 외벽체의 열저항을 ISO 6946에서 정한 이론적 방법으로 계산한다. 그러나 설계단계에서의 이론적 열저항과 시공된 외벽체에서 측정된 열저항이 불일치하는 사례가 다수 보고되고 있음에 따라 건축물 외벽체의 실제 열저항을 측정하는 진단기술의 중요성이 강조되고 있다.

ISO 9869-1은 HFM법(heat flow meter method)을 사용하여 열저항 및 열관류율을 현장에서 비파괴적으로 측정하는 방법과 절차를 규정하며, 측정 데이터의 분석 방법으로 정상상태(steady-state condition)에 기반한 평균법(Average method)과 동적법(Dynamic method)을 제시하고 있다.

Ricciu(2011), Gaspar, Casals & Gangoles(2018), Atsonios et al.(2017) 등 다수의 연구에 따르면, HFM법을 사용하여 외벽체의 열저항을 측정할 때 실내·외 온도차에 크게 영향을 받으며, 온도차이가 커질수록 신뢰할 수 있는 측정결과를 얻을 가능성이 커지는 것을 확인했다.

이에 본 연구에서는 다수의 연구에서 확인한 실내·외 온도차이와 열저항 측정의 관계를 측정의 수렴성 및 정확성 관점에서 규명하고자 한다. 아울러, 일부 사례만을 통해 실내·외 온도차이와 열저항 측정의 관계를 확인한 선행연구의 한계를 보완하고자, 다양한 실내·외 온도조건에

서 실험 및 분석을 수행했다. 실험은 2022년 10월 13일부터 2023년 5월 12일까지 실제 규모의 실험체에서 수행되었으며(그림 1) 북향 내단열 외벽체를 대상으로 하였다. Table 1은 실험 외벽체의 층위 구성과 재료 특성을 나타내고 ISO 6946에 의한 이론적 열저항은 $6.910 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 이다.



그림1. 실험대상

표1. 시험 벽체의 층위별 열적 물성치

Material layer (inside - outside)	Thickness (m)	Thermal conductivity (W/m·K)	Thermal resistance ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
Interior surface			0.130
Wall paper	0.003	0.170	0.018
Gypsum board	0.019	0.151	0.126
Polyisocyanurate insulation	0.130	0.020	6.500
Reinforced concrete	0.200	2.300	0.087
Cement mortar	0.010	1.000	0.010
Exterior surface			0.040

본 연구의 주요 결과를 요약하면, 평균 실내·외 공기 온도차이가 12°C 이상인 조건에서 평균법의 수렴조건 2는 매우 높은 확률로 충족하는 반면 수렴조건 3은 조건을 충족하는 비율이 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다. 또한, 추정된 열저항의 정확도는 수렴조건 2의 충족 여부에 따라 달라지는 것으로 확인되었다. 수렴조건을 만족했을 때 추정된 열저항 값은 수렴조건을 만족하지 못한 경우의 열저항 값보다 이론적 열저항 값과 유사한 것으로 분석되었다.

* 인천대학교 박사후연구원, 공학박사

** 대림대학교 소방설비학과 교수, 공학박사

*** 청운대학교 설비소방학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Building Equipment System and Fire Protection Engineering, Chungwoon University, trebelle@chungwoon.ac.kr)

이 연구는 2024년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호: RS-2023-00253166