

建築物におけるAIを用いた熱貫流率の推定

AE18062 田久保龍

指導教員 藤田吾郎

1. はじめに^[1]

近年、建物の長寿命化、省エネルギー性能の向上、居住者の健康及び熱的快適性の向上が求められており、既存建物では断熱性能の検査、評価をすることで断熱改修等の必要性を判断し、それぞれの建物に適した対策を施す必要がある。2013年に施行された現在の省エネルギー基準においては、既存建物の断熱性能の評価に外皮平均熱貫流率が用いられており、その算出には外壁の熱貫流率が重要となる。熱貫流率は外壁を構成する各層材料の物性値と厚さなどから求められるが、既存建物では設計資料がない場合や、断熱材の施工精度、経年劣化、気密性などの影響があるため、現状の熱貫流率は不明であることが多い。本稿では、熱貫流率の検討を行うにあたり、対象ビルにおける各階の熱貫流率を求め、設計値と比較しpythonによるAIを用いて推定したので、その報告を目的とする。

2. 熱貫流率について^[2]

壁や窓などの各部位で両側の気温が異なるときに、暖かい側から冷たい側に向けて、熱が窓や壁などを通過する。内外の温度差が1度あったときに、1時間あたり、 $1[m^2]$ を通過する熱量をワットで表した物が熱貫流率 $[W/(K \cdot m^2)]$ という。また、数値が小さいほど断熱性能が優れていることを表す。熱貫流率の算出方法は2通りある。1つ目は、建物の内部から外壁、屋根、天井、床及び開口部などを通して外部へ逃げる熱損失の合計を外皮面積で除した方法である。2つ目は、外壁を構成する各層材料の物性値と厚さから求める方法である。

3. 対象建築物

対象は福岡にある業務用ビルで、地下1階、地上3階建てである。自然光を取り入れるため天窓が設けられ、地下1階まで吹き抜け構造となっている。日射負荷軽減のため2階と3階の外壁に膜ルーバー、緑化壁、放射壁を採用している。そのため、外皮の高断熱化及び高効率な省エネルギー設備を備えた建物である。表1に各階の面積、図1にビル平面図を示す。1階の面積は駐車場スペースがあるため最も小さい構造となっている。

表1 各階の面積

	地下1階	1階	2階	3階
面積 $[m^2]$	291.83	161.47	400.07	271.25

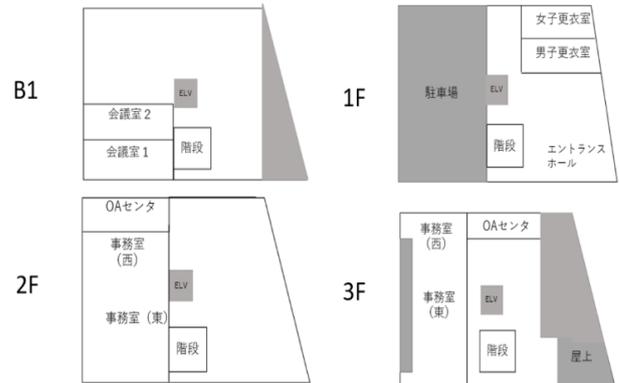


図1 ビル平面図

4. 対象建築物における解析^[3]

4.1 解析条件

以下に解析条件を記す。地下1階は室内温度が一定であり外気の影響を受けないため、本稿では1階、2階、3階の熱貫流率を算出する。通常、熱貫流率の単位は $[W/(m^2 \cdot K)]$ で表すが本研究では各階における熱量の通過 $[W/K]$ の単位になるよう算出する。精度を高めるため数日間の1時間ごとのデータを用いる。データには欠損が存在したため、データ欠損がなく空調が稼働しておらず人の出入りが少ない休日の期間を用いた。

外皮性能 : H25年省エネルギー基準地域7

解析期間 : 2月10~11日、5月3~5日、7月14~15日

4.2 熱貫流率の解析

本稿における熱貫流率の導出式を示す。

$$ckm \frac{dT}{dt} = 3600(T_0 - T_n)AU + 3600g \quad (1)$$

c : 空気比熱 $[J/kg]$ k : 空気密度 $[kg/m^3]$

m : 体積 $[m^3]$ A : 面積 $[m^2]$

U : 熱貫流率 $[W/(K \cdot m^2)]$ T_0 : 外気温度 $[K]$

T_n : n 階の室内温度 $[K]$ g : 未知のサーバ等の熱源 $[Js]$

$\frac{dT}{dt} = T_{new} - T_{old}$: 温度の差分 $[K/s]$ n : 階数

上式を用いて推定温度を実際の温度に近づけるように熱貫流率と未知のサーバ等の熱源を決定することで、熱貫流率とサーバ等の熱源を算出した。その5月3日~4日

までのデータを用いた算出の1例を図2～4に示す。1階では熱の変動が大きいため室内の推定値と実際の温度で誤差が大きく表れた。2階、3階では室内温度の変動が小さいため、推定値の誤差が少なく実際の値に重なるグラフになった。2日間における算出結果を期間別にまとめたものを表2に、設計値を表3に示す。設計値と比較すると計算値が小さい結果になった。また、期間によって熱貫流率の値が多少変動しているが各階ともにほとんど安定した値となった。

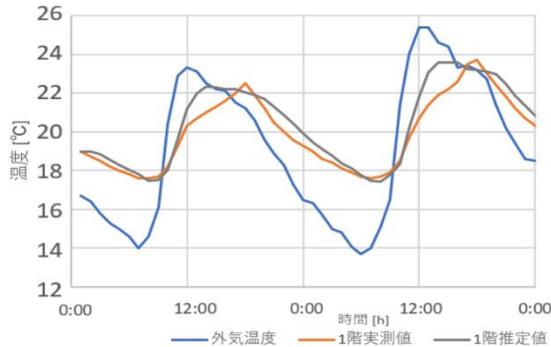


図2 5月3日～4日における熱貫流率の算出方法(1階)

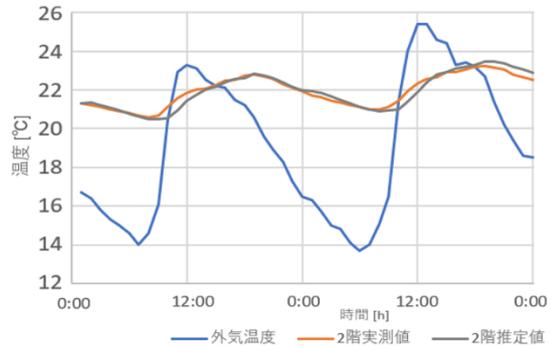


図3 5月3日～4日における熱貫流率の算出方法(2階)

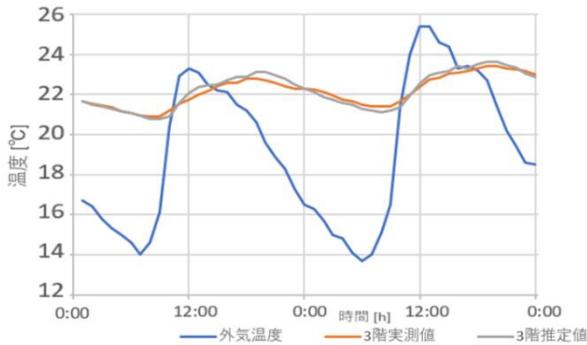


図4 5月3日～4日における熱貫流率の算出方法(3階)

表2 AU計算値

期間	1階 [W/K]	2階 [W/K]	3階 [W/K]
2/10～11	55	15	12
5/3～4	55	15	15
5/4～5	55	16	15
7/14～15	50	14	13

表3 AU設計値

	1階 [W/K]	2階 [W/K]	3階 [W/K]
設計値	140.7	297.3	475.7

5. AIを用いた熱貫流率の推定

表2の結果をpythonによる機械学習を行い7月14～15日の熱貫流率を推定した。その結果を表4に示す。各階において多少の誤差はあるが妥当な数値であると思われる。

表4 AU推定値

期間	1階 [W/K]	2階 [W/K]	3階 [W/K]
7/14～15	54.8	17.5	13.9

5. 考察

表2、表3より熱貫流率の計算値が設計値よりも小さいため断熱性能が設計値よりも高いということがわかる。そのため、設計値が大きく見積もられているということが示された。原因として、吹き抜け構造のため材料による計算では吹き抜け部分が含まれていないためだと考えられる。また緑化壁、膜ルーバー、放射壁によって屋外から室内へ入る熱の侵入を抑えていることもあげられる。各階ともに熱貫流率が小さく安定した値となった。1階では延床面積が小さいことから熱の影響を受けやすく、緑化壁、膜ルーバー、放射壁を採用していないため2階、3階に比べ熱貫流率が大きいのだと考えられる。

6. 今後の展望

本稿では業務用ビルにおける各階の熱貫流率を算出し設計値と比較し断熱性能を明らかにした。また、pythonによるAIを用いて熱貫流率の推定を行った。空調ができるだけ稼働していない期間において熱貫流率の算出を行ったが、今後は空調が稼働している期間においても算出することでサンプル数を増やし推定の精度を上げていく。それに伴い、実務における本手法の適用を目指す。

参考文献

- [1] 黒田麻耶, 張晴原, 田中稲子: 住宅の外壁における熱貫流率の簡易現場実測法の開発, 日本建築学会技術報告集, 第27巻, 第65号, pp. 288-292 (2021)
- [2] ガラスの豆知識(熱貫流率) | AGCのGlass Plaza-PRO <https://www.asahiglassplaza.net/gp-pro/knowledge/vol4.html>
- [3] 地域区分表-三協立山株式会社 <https://www.isover.co.jp/region-by-climate>