

気密性能

実測

熱損失係数

漏気

暖房運転

上下温度差

1. 研究背景と目的

住宅の断熱性能を評価するにあたって漏気による熱損失の影響は大きく、近年の高断熱化傾向の漏気中においては特に考慮する必要がある。

住宅の実際の断熱性能を評価する方法として、熱損失係数(以下、Q 値)を同定する方法¹⁾²⁾がある。しかし、漏気量を考慮した上で Q 値の検討が行われた例は少ない。

また、屋内の温熱環境を評価する場合、各部屋の室温や室間温度差だけではなく、特に漏気が影響する上下温度分布についても考慮する必要がある。既往研究では、床下空調³⁾やダクトを利用した全館空調⁴⁾使用時における上下温度分布の検討は存在するが、ダクトレス式での全館空調を利用した住宅について検討された例は少ない。

よって本報では、漏気を考慮した Q 値の実測評価および冬季の室温変化の検討を目的とする。

2. 試験条件と検討方法

測定対象とした2階建軽量鉄骨住宅の平面図および各測定点・ヒーター設置位置・ルームエアコン(以下、AC)設置位置を図1に示す。実験住宅は任意の温湿度に制御することができる人工気象室内に建設されている。外気 0℃一定の条件においてヒーターにより一定の熱量を投入し、室温安定時の内外温度差から Q 値を求めた。冬季の室温変化の測定は、AC の暖房運転(設定温度 22℃)を行い、室温安定後に運転を停止し、運転停止から7時間の室温の経時変化を測定した。なお、換気による熱損失は考慮外とした。

また、Q 値[W/m² K]は式1により算出した。

$$Q = q / \Delta\theta \times \sum S \quad (\text{式 1})$$

q:投入熱量[W]、 $\Delta\theta$:室内外温度差[K]、 $\sum S$:延床面積[m²]

ここで、投入熱量はヒーター消費電力量の測定期間の平均値に台数を掛けたものを用いた。室内外温度差は安定時の室内の平均温度(FL+1200 の8点平均)と外気温度の差とした。

また、Q 値と冬季の室温変化それぞれについて、動的室温・熱負荷計算ソフト^{注)}による計算値と比較した。

3. 漏気を考慮した Q 値の測定

表1に安定時の各室の温度(FL+1200)を示す。Q 値計算に用いる室温は、温度変化がなだらかになった時点の瞬時値(19.8℃)とした。表2に熱損失量、Q 値の計算値と実測値を示す。また、図2より、C 値2.1 [cm³/m²](気密測定による実測値)、風速 3.0[m/s]、内外温度差 20℃の場合

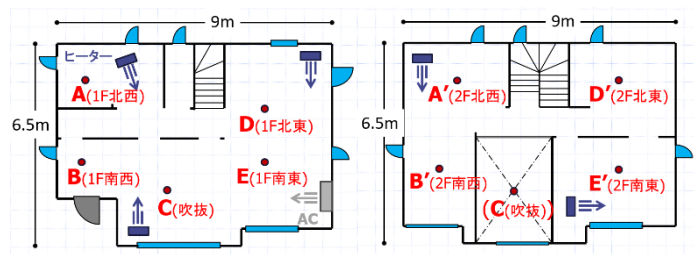


図1 測定対象住宅(左:1階 右:2階)

表1 安定時の各室の温度(FL+1200)

温度[℃]				
A(1F北西)	B(1F南西)	D(1F北東)	E(1F南東)	
19.0	18.7	19.4	19.3	
A'(2F北西)	B'(2F南西)	D'(2F北東)	E'(2F南東)	平均
20.9	20.4	20.2	20.3	19.8

表2 熱損失量、Q 値および U_A 値の計算値と実測値

項目	計算値	実測値		誤差	
		漏気込み	漏気除外	漏気込み	漏気除外
熱損失量[W/K]	119.10	135.26	115.85	13.6%	2.7%
Q値[W/m ² K]	1.06	1.21	1.04		

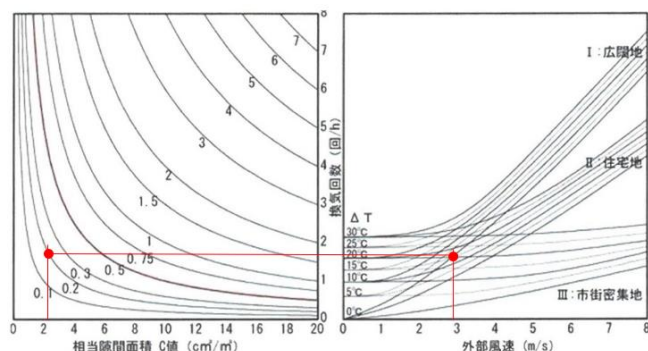


図2 外気条件、気密性能および換気回数の関係⁵⁾

は 0.2 [回/h]換気の漏気があると想定し、漏気による熱損失量を式2により算出した。

$$q = C_p \times V \times n \times \Delta\theta \quad (\text{式 2})$$

q:漏気による熱損失量[W]、 C_p :空気容積比熱 0.35[Wh/m³ K]、V:気積[m³]、n:換気回数[回/h]

計算値と実測値を比較すると、計算値は漏気の熱損失を考慮に入れていないため、漏気の熱損失を含んだ実測値との間で 13.6[%]の誤差が生じた。表3に示す漏気による熱損失を想定して、実測値からその影響を除外すると誤差は 2.7[%]となり、ほぼ同等の値となった。よって、実測したC値により漏気を考慮することで、妥当性の高いQ 値を求めることができると考えられる。

注) 動的室温・熱負荷計算ソフト「ホームズ君「省エネ診断エキスパート」+パッシブ設計オプション Ver4.14」(㈱インテグラル)

4. 漏気を考慮した冬季の全館空調での暖房停止後の室温変化の測定

表4に1階居室および2階居室の暖房停止7時間後の室温変化(測定点 FL+1200 の温度)を示す。1階各居室と吹抜けについては平均 8.8[°C]、2階各居室については平均 5.9[°C]の温度低下が見られた。

数値計算では、ほぼ同等の断熱性能を持つ住宅において、5.8[°C]程度の温度低下となった。計算値と比較すると、2階居室の実測値は比較的近い結果となったが、1階居室の温度低下は想定よりも大きくなった。これは、特に実測では漏気の影響を受けているためと考えられる。実測条件では建物全体で漏気による熱損失が 380[W]程度あり、かつ温度差換気により屋外→1階→2階→屋外の方で空気の流れが生じるため、特に直接外気が入ってくる1階居室において室温低下が大きくなっているものと考えられる。漏気による熱損失は、気密性能を高めることで低減することができるため、特に一階を高気密化することで住宅全体の室温を上昇できる可能性がある。

1階および2階の室温安定時の上下温度分布を図3に示す。また、各測定点におけるグローブ温度も同時に示す。

図3より、各階・各室ともに床面から天井面にかけて上下温度差が生じており、1階居室の上下温度差は約2~3°Cであるのに対し、2階居室は約0~1[°C]と比較的小さい。これは、1階は土間面や1階床面が外皮となり2階よりも下部空間が冷えやすいためと考えられる。

また、1階(FL+1200)のグローブ温度と室温との温度差を見ると、1階南西は0.4[°C]、1階南東は0.1[°C]、吹抜けは0.8[°C]となる。これは、1階南西は土間、玄関ドア、外壁、1階南東と吹抜けは窓からの冷放射の影響が大きいためと考えられる。一方、2階のグローブ温度と室温の差は0.1[°C]と小さく、これは、1階南東面にエアコンを設置しているため、2階南東側の居室に暖気が回りこみにくい環境となっていることが原因と考えられる。

5. 結論

1)Q値測定について、実測C値を用いて漏気の影響を考慮することで、計算Q値と実測Q値の誤差が小さくなり、妥当性の高い結果が得られた。

2)冬季のダクトレス式全館空調における暖房停止後の室温変化を測定し、2階に対して、1階の方が安定時の上下温度差が大きく、空調停止後の温度低下の幅も大きいことがわかった。そのため、特に1階の気密性を向上させることで、住宅全体の室温を上昇させる可能性が高い。

参考文献

- 1) 松尾陽, 斎藤平蔵: 現場測定にもとづく住宅熱特性の推定, 日本建築学会 環境工学論文集, 第3号, pp.13-18, 1981.4
- 2) 服部哲幸, 坂本雄三: 戸建住宅の熱損失係数に関する実用的現場実測法の開発と実測例, 日本建築学会技術報告集 第14巻第28号, pp.491-496, 2008.10
- 3) 平方李果, 井口雅登, 蜂巣浩生: 住宅における床チャンバーを利用した空調に関する研究-その16 床吹出口直上と居室の上下温度分布に関する実測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.833-834, 2017
- 4) 尾本英晴, 入口泰尚, 井口雅登: 空気循環システムを導入した高断熱住宅の温熱環境・消費電力に関する研究 その2 冬期における各室温度と上下温度分布, 日本建築学会技術報告集, pp.1571-1572, 2023
- 5) 趙雲, 荏原幸久, 吉野博: 住宅における換気量の簡易予測法, 日本建築学会計画系論文集, 第512号, pp.39-44, 1998

表3 漏気による熱損失(試算値)

気積	277.2 [m³]	熱損失	19.4 [W/K]
想定換気回数	0.2 [回/h]	熱損失量	383.7 [W]
漏気量	55.4 [m³]		

表4 暖房停止7時間後の各室温度変化(FL+1200)

測定点	暖房停止前 [°C]	暖房停止 7時間後[°C]	変化量[°C]	
			各室	階平均
A(1F北西)	20.4	12.1	8.3	8.8
B(1F南西)	20.2	12.0	8.2	
C(吹抜け)	21.4	12.4	9.0	
D(1F北東)	21.6	12.3	9.3	
E(1F南東)	21.6	12.3	9.3	
A'(2F北西)	21.4	14.6	6.8	5.9
B'(2F南西)	20.8	14.4	6.4	
D'(2F北東)	19.9	14.5	5.4	
E'(2F南東)	19.2	14.4	4.8	

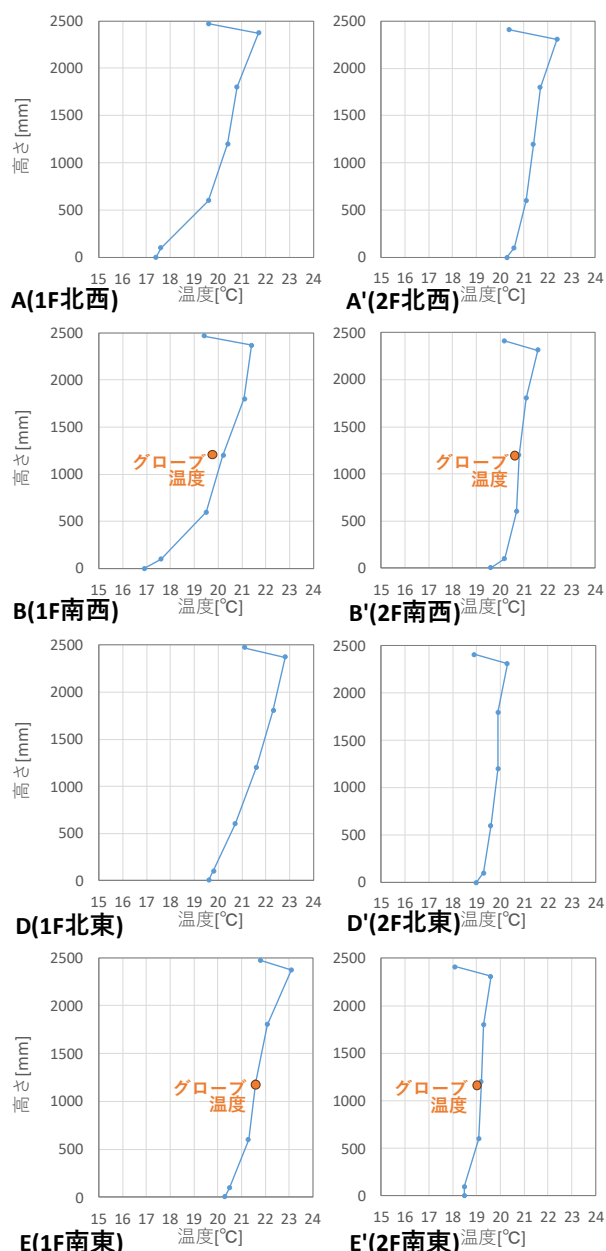


図3 室温安定時の上下温度分布(左列:1階、右列:2階)