

木造住宅の気密特性に関する分析

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻 建築環境工学研究室  
 学籍番号：1220092 氏名：高嶋 あゆみ  
 指導教員：田島 昌樹

気密性能 隙間特性  
 実験式 木造住宅

1. はじめに

住宅の気密性能に関して、村上らによる研究<sup>[1]</sup>のように多数の住宅の総相当隙間面積(単位[cm<sup>2</sup>])を床面積(単位[m<sup>2</sup>])で除した相当隙間面積C値(単位[cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>])に関して分析を行なった事例が複数ある。これらの研究では JIS A 2201<sup>[2]</sup>に示されている手法により、指数式の形をした通気特性式を用いて複数の測定値を最小二乗法で回帰することで隙間特性値n値および通気率aを求めて、総相当隙間面積を算定している。一方 David Etheridge らの文献<sup>[3]</sup>では、通気特性式として指数式以外にも Parallel combination model(以下、並列結合モデル)や Quadratic equation(以下、直接結合モデル)が示されており、鳥海ら<sup>[4]</sup>はこれらの通気特性式を使用して RC 造の集合住宅の気密性能について分析を行っている。本研究では、木造住宅を対象としてこれらの通気特性式を使用して気密性能について分析を行った。

2. 研究概要

本研究では、表1に概要を示した2020年以降に四国に建設された木造住宅の気密測定データを用いて上述の複数の通気特性モデルによる通気特性式を用いた回帰を行い、それぞれの通気特性式のRMSEと通気特性値との関係を分析するとともに、上述の研究<sup>[4]</sup>に示されたRC造の住宅との比較を行った。なお本研究では通気特性式として、JIS A2201に示された指数式(式1)、Parallel combination modelによる並列式(式2)、および Quadratic equationによる(式3)を使用した。

会社名	件数	工法	断熱工法
A社	17件	在来工法	ウレタンボード外張り 基礎内断熱
B社	6件	在来工法	ウレタンボード外張り 基礎内断熱
C社	1件	在来工法	ウレタンボード外張り 基礎内断熱
D社	4件	在来工法	屋根充填断熱 RW 充填+ESP 外張り 基礎外断熱
E社	5件	在来工法	屋根充填断熱 GW 充填+ESP 外張り 基礎外断熱
F社	1件	在来工法	現場発泡ウレタン 充填工法 床断熱
G社	3件	在来工法	屋根外張り断熱 壁GW 充填 床断熱
H社	1件	2×4	現場発泡ウレタン 充填工法 基礎内断熱
I社	1件	在来工法	現場発泡ウレタン 充填工法 基礎内断熱

表1 気密測定データ  
 (2020年以降に四国に建設された木造住宅)

3. 気密特性に関する分析

3.1 新築木造住宅の気密特性

木造住宅の気密測定データより指数式を用いて回帰を行いC値とn値を算出した。これらの値について既往の研究で示されたRC造<sup>[4]</sup>の値と比較したものを図1に示す。本研究で得た木造のデータは気密性が高く、C値が1cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>以下であった。RC造と比較してC値は異なるが、C値と

n値が比例関係にある傾向は一致している。

$$Q = a(\Delta P)^{\frac{1}{n}} \tag{式1}$$

$$Q = a_1 \Delta P + b_1 \sqrt{\Delta P} \tag{式2}$$

$$\Delta P = a_2 Q + b_2 Q^2 \tag{式3}$$

$$\text{クラック開口比率} = \frac{\alpha A_N}{\alpha A_N + \alpha A_L} \tag{式4}$$

ここで

- Q : 隙間を通過する流量[m<sup>3</sup>/h]
- ΔP : 隙間の両側の圧力差[Pa]
- a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>:係数
- αA<sub>N</sub> : クラック開口面積[cm<sup>2</sup>]
- a : 通気特性式の係数 [m<sup>3</sup>/(h・Pa<sup>1/n</sup>)]
- n : 隙間特性値(1 ≤ n ≤ 2)
- a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>:係数(cは粘性係数、dは密度に比例する)
- αA<sub>L</sub> : 大開口面積[cm<sup>2</sup>]

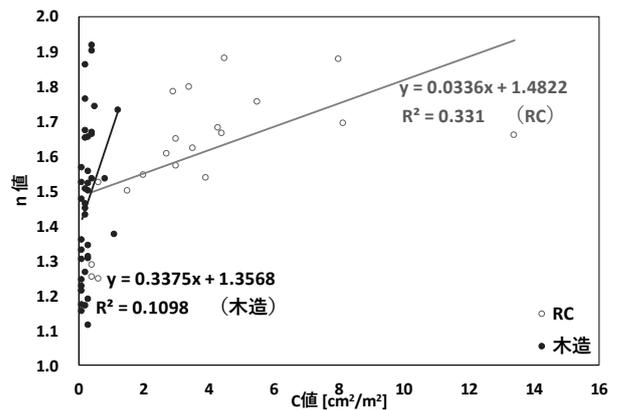


図1 C値とn値の関係  
 (RC造のデータは文献<sup>[4]</sup>による)

3.2 通気特性式の回帰に関する検討

上述の3種類の通気特性式について算定された回帰式の精度について測定値との比較によるRMSEで検討を行なった。図2、3、4に(式4)により得られるクラック開口比率とRMSEの関係を図5、6、7にn値とRMSEの関係を示す。なおクラック開口比率は並列モデルによる値である。

図2、3の指数モデルと並列結合モデルでは、RC造、木造ともにクラック開口比率が大きくなるほどRMSEは小さくなる傾向であり、全般的に木造のRMSEが小さく200未満であった。図4の直列結合モデルでは木造についてクラック開口比率が大きくなるとRMSEも大きくなる比例関係にあり、RMSEは指数モデルや並列結合モデルに比べて全般的に大きな値となった。

図5と図6では、RC造、木造ともにn値とRMSEが比例関係にあるが、木造のRMSEが小さく最大でも200程度であった。図7の直列結合モデルでは他のモデルと比較して木造のRMSEが多く最大で400を超える結果となった。

これら結果から気密性が高い木造住宅のデータは指数式と並列式の回帰精度が高いことがわかった。

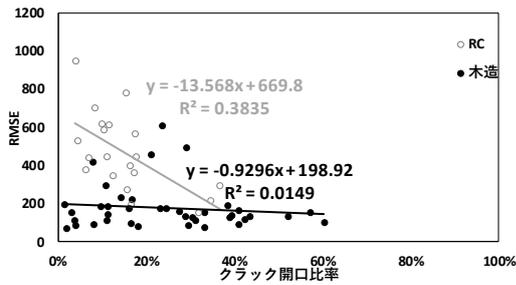


図2 クラック開口比率とRMSEの関係(指数モデル)

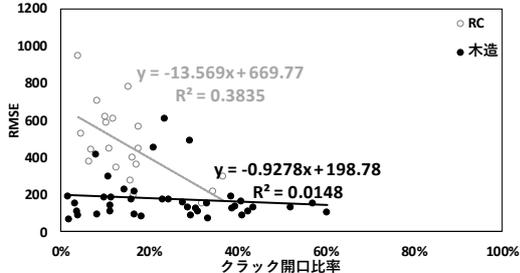


図3 クラック開口比率とRMSEの関係(並列結合モデル)

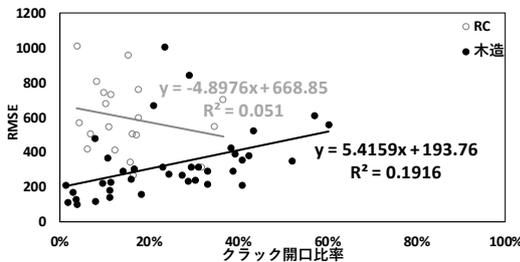


図4 クラック開口比率とRMSEの関係(直列結合モデル)

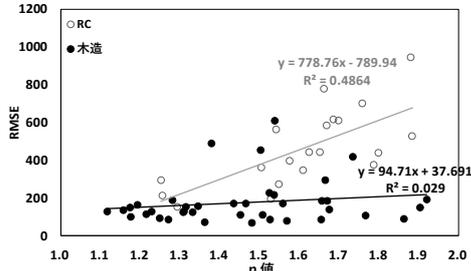


図5 n値とRMSEの関係(指数モデル)

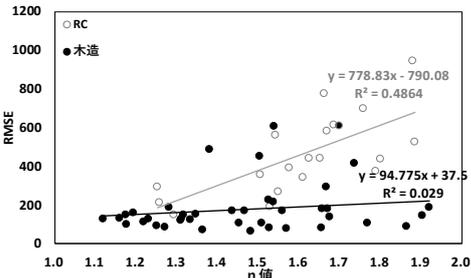


図6 n値とRMSEの関係(並列結合モデル)

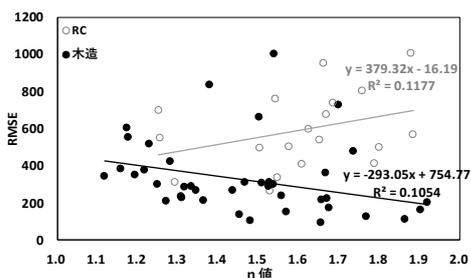


図7 n値とRMSEの関係(直列結合モデル)

### 3.3 クラック開口比率とn値の関係

既往の研究<sup>[4]</sup>ではRC住宅のデータについてクラック開口比率とn値の関係を3次式で近似しており、木造住宅のデータについても同様の検討を行なった。クラック開口比率とn値、および近似式を作成した結果を図8に示す。図8よりRC造の近似式と木造の近似式はほぼ同じとなり、クラック開口比率とn値の関係については工法の違いがない結果となった。

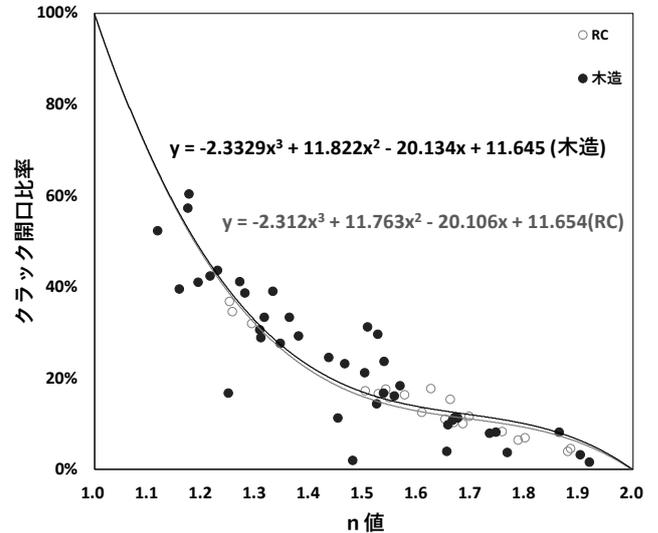


図8 隙間特性値n値とクラック開口比率の関係(工法別)  
(RC造のデータは文献<sup>[3]</sup>による)

### 4. おわりに

本研究では、木造住宅を対象として複数の通気特性式を使用して気密性能について分析を行った。本研究で得た木造住宅のデータは2020年以降に建設されたものであるため、C値が $1\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下と、既往の研究によるRC造の住宅よりも気密性が高かった。木造住宅の通気特性式の回帰に関する検討では、指数モデルと並列結合モデルのRMSEが直列結合モデルよりも小さい結果となった。

木造住宅のデータについてもJIS A2201で従来から使用されている指数式のほかに、並列結合モデルによる並列式による回帰も誤差が少なく、住宅の通気特性を表すことが可能である結果を得た。

既往の研究<sup>[3]</sup>によるRC住宅のn値とクラック開口比率の関係は、木造住宅についてもほぼ同じであったことから、これらの関係には工法ごと違いはなく汎用的な結果であると考えられる。

#### 【参考文献】

- [1] 村上ほか:住宅の気密性能に関する調査研究、日本建築学会論文報告集 第325号、104-115、1983.3 [2] 日本規格協会:JISA2201、日本工業標準調査会 審議、2017.12 25 [3] David Etheridge・Mats Sandberg:BUILDING VENTILATION、P101、1953 [4] 鳥海ほか:集合住宅における隙間の評価法に関する研究、日本建築学会環境系論文集 第81巻 第722号、385-391、2016.4