

丸太組工法の外壁の断熱性評価 その2
丸太組工法外壁の熱貫流率計算方法正会員 ○水藤 聡
正会員 松下 勝久
正会員 鈴木 大隆

丸太組工法 (ログハウス) 熱貫流率 有限要素法

1. はじめに

住宅の省エネルギー設計において、各部位の熱貫流率の算定は、非常に重要である。丸太組工法（以下ログハウス）の外壁は、文字通り丸太材を積上げて作成される。

従来この丸太材による外壁の熱貫流率は、断面面積が等しくなる均質な厚さの外壁に置き換えて、その熱貫流率を算定していたが、その計算結果が疑問視されることもあった。これらの現状を踏まえて、簡易でかつ比較的精度の高い計算方法を作成した。

2. 丸太材による外壁の詳細

図1は、外壁の垂直断面の模式図である。

丸太材と丸太材の重なる部分には、グラスウールなどを挟み込んで、隙間が発生しないように充填施工される。

外壁の形状は、丸太材の直径と重ね率 R により定義される。

3. 評価式の要件

3-1) 基本方針

実際に設計者が業務の中で用いることが出来る式を求めることが第一に重要であると考えた。

1) 重ね率ごとの式とする。

設計に用いられる重ね率 R は、0.4、0.5、0.6、0.7 がほとんどであり、利用される丸太材の直径 D は、88mm~290mm 程度である。

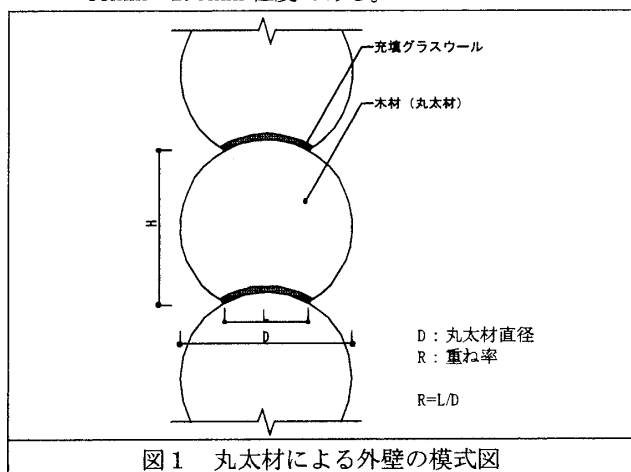


図1 丸太材による外壁の模式図

2) 木材の熱伝導率等を固定した式とする。

通常ログ材の熱伝導率は、 $0.12[W/(m \cdot K)]$ が利用されることがほとんどである。また、表面熱伝達率も室内側、外気側で固定した。

3) 直径を入力するのみで丸太材による外壁の U 値が算定できる式を定義する。

3-2) 解析方法

重ね率が 0.4、0.5、0.6、0.7 の場合のそれぞれについて、丸太材直径を 88mm から 10mm ピッチで 290mm までの 21 種類のモデルを設定した。(重ね割合との組み合わせにより 84 ケースとなる。)

設定したモデルについて、FEM 二次元伝熱計算により伝熱解析を行い、貫流熱量、熱貫流率を算定した。

この算定結果を最小二乗法により近似し式を求める。

3-3) 解析モデル

図2に示すように半円形の部分を離散化して解析場とした。丸太材と丸太材の接合部のグラスウール等は、無視する。解析場のメッシュは、1mm ピッチで離散化し、丸太材輪郭を越えない範囲とした。

3-3) 使用計算プログラム

以下の計算プログラムを使用した。表1に概要を示す。

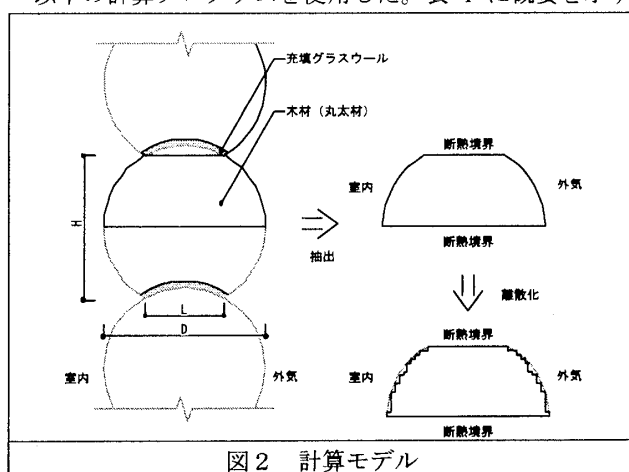


図2 計算モデル

表1 計算プログラムの概要

名称	HeaTr_FEMS (株式会社サードアイ開発)
境界条件	一次式
要素	長方形アイソパラメトリック要素
計算精度	ISO/DIS 10211 の例題により検証
基礎式	$\{f\} = [K]\{\theta\}$ ここで、 $\{f\}$: 全体の熱流ベクトル $[K]$: 全体の熱伝導マトリクス $\{\theta\}$: 全体の節点温度ベクトル
特徴	マイクロソフトエクセルをプリポストとし バッチ処理に向いている。アカデミ無償 ライセンスあり。

4. 結果

算定した熱貫流率を表2に示す。U 値を単純増加関数とするため x を直径の逆数(1/D)としたグラフを図3に示す。

表2

番号	直径mm	重ね割合0.4		重ね割合0.5		重ね割合0.6		重ね割合0.7	
		直径逆数	貫流率	角材換算	貫流率	角材換算	貫流率	角材換算	貫流率
1	88	0.0114	1.624782	58	1.520039	61	1.474448	64	1.378764
2	100	0.0100	1.481815	63	1.402827	68	1.281289	75	1.218381
3	110	0.0091	1.35515	71	1.283333	77	1.18868	83	1.138651
4	120	0.0083	1.239874	77	1.17593	84	1.100465	92	1.0353
5	130	0.0077	1.187787	84	1.089887	93	1.024248	100	0.948321
6	140	0.0071	1.09938	92	1.028375	98	0.958639	108	0.901071
7	150	0.0067	1.045074	97	0.960884	107	0.889762	116	0.848738
8	160	0.0063	0.986484	103	0.919218	113	0.848088	124	0.806283
9	170	0.0059	0.930987	111	0.884122	121	0.802009	132	0.755764
10	180	0.0056	0.87578	120	0.816389	129	0.760983	140	0.708054
11	190	0.0053	0.85187	123	0.768872	138	0.723873	148	0.681554
12	200	0.0050	0.804897	132	0.742003	144	0.680318	158	0.654
13	210	0.0048	0.762888	140	0.708582	152	0.658544	164	0.618677
14	220	0.0045	0.736908	145	0.683988	158	0.631638	172	0.584008
15	230	0.0043	0.711737	151	0.655043	167	0.605922	181	0.560499
16	240	0.0042	0.678248	153	0.625398	174	0.582172	189	0.54711
17	250	0.0040	0.654745	168	0.58948	183	0.560275	197	0.531382
18	260	0.0038	0.635541	171	0.580995	189	0.539883	205	0.507153
19	270	0.0037	0.609186	178	0.559129	197	0.521177	213	0.486783
20	280	0.0036	0.584505	188	0.544828	203	0.503588	221	0.472717
21	290	0.0034	0.568483	194	0.524878	211	0.488814	229	0.458853

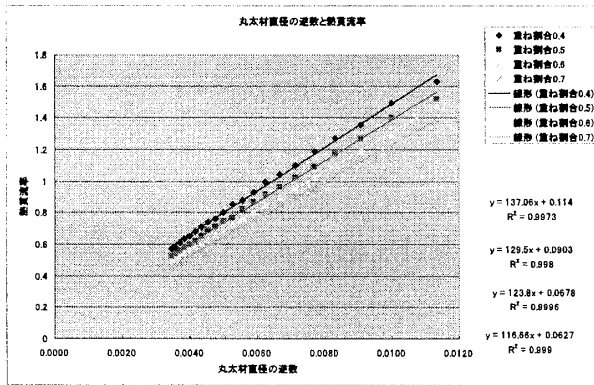


図3 丸太材の直径とU値

図3から、線形近似式で十分な精度があると考え一次式により近似した。

以下表3に式をまとめる。

表3 丸太材による外壁のU値算定式

重ね率	近似式	R ²
0.4	U = 137.06 x + 0.114	0.9973
0.5	U = 129.5 x + 0.0903	0.998
0.6	U = 123.8 x + 0.0678	0.9996
0.7	U = 116.66 x + 0.0627	0.999

また、角材との換算も頻繁に行われるため、この式も作成した。表4にこの式を示す。(xは丸太材直径)

表4 丸太材と角材壁厚さの換算式

重ね率	近似式	R ²
0.4	y = 0.6598x	0.9982
0.5	y = 0.7221x	0.9983
0.6	y = 0.7826x	0.9985
0.7	y = 0.8375x	0.9985

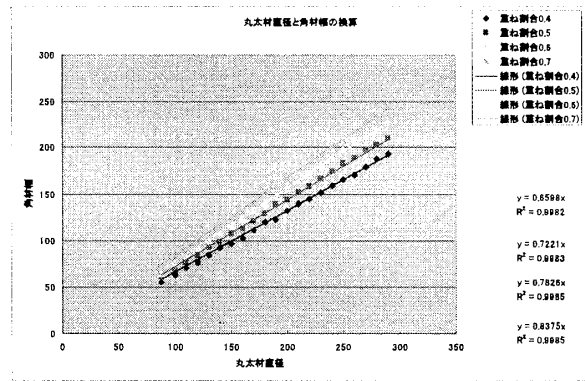


図4 同一のU値となる丸太材直径と角材厚さ

5・まとめ

従来よりも精度の高い計算方法を提案する事が出来たと考えているが、以下のような課題があると考えている。

1) 実験との照合

従来よりも精度が高く、実用性の高い式が得られたと考えているが、実験と照合してその精度を確認すべきと考えている。

2) 境界条件の2次式化

今回は、境界条件が1次式のソフトウェアを用いて算定したが、より丸太形状を精緻に表現するため、2次式を用いて算定する事が望ましいと考えている。

3) 木材の熱伝導率の説明変数化

今後さまざまな樹種の熱伝導率の測定が行われつつあるため、熱伝導率を説明変数に加えた式を構築する必要性が高まると考えている。

*株式会社サードアイ

**一般社団法人 日本ログハウス協会

***地方独立行政法人北海道立総合研究機構・工博

*3rdeye Inc.

**Japan Log House Association

***Hokkaido Northern Regional Building Research Institute, Dr.Eng