

オリジナル断熱仕様を使ったシミュレーション

はじめに

ESH パッシブデザインツール（以下ツールといいます）には、あらかじめ構法・仕様の異なるデータセットが組み込まれています。メニューから選択するだけで、モデル全体に適用される非常に優れた仕組みです。目的に応じて、性能や特性の異なるデータセットの中から選択することで簡単にシミュレーションを行っていただけます。

更に、ユーザー自身で構法・仕様データセットを編集・作成することでオリジナルの断熱仕様を利用したシミュレーションを行うことができます。この手順を習得することでツール利用の可能性が一気に広がりますので是非チャレンジしてください。

ここでは、木造軸組構法を中心に外壁部分の構法・仕様の指定の手順をご紹介します。

《留意点》

建築物省エネ法における外皮性能の算定

1. 熱橋部分が木造の場合の計算方法

建築物省エネ法では、熱橋部分が木造の場合の計算方法を以下の3種類規定しています。

- ①詳細計算方法
- ②簡略計算方法-1
- ③簡略計算方法-2

本ツールでは、②簡略計算方法-1によってデータセットを作成しています。各部位の工法毎に決められた、熱橋部と一般部（断熱部）の面積比率を用いて計算する方法です。

2. 通気層がある場合、外装材の熱抵抗を加算しない

建築物省エネ法での熱貫流率の算定において、通気層がある場合は外装材の熱抵抗を加算しないことになっています。データセットの作成にあたっては、このルールに従って熱貫流率を取り扱っています。

EnergyPlus のルールに即したデータセットの作成

1. 熱橋を含んだ構法・仕様データセットの作成

シミュレーションに用いる計算モデルは、床、壁、天井など各部位の構法・仕様を一様なものとして作成する必要があります。

そのため、外壁部の熱橋を考慮した熱貫流率 U' と、新たに作成するデータセットの熱貫流率 U が同じ値となるように、断熱材の厚さ d_2 を使って調整を行うこととします。

2. 通気層がある場合、通気層と外装材も定義する

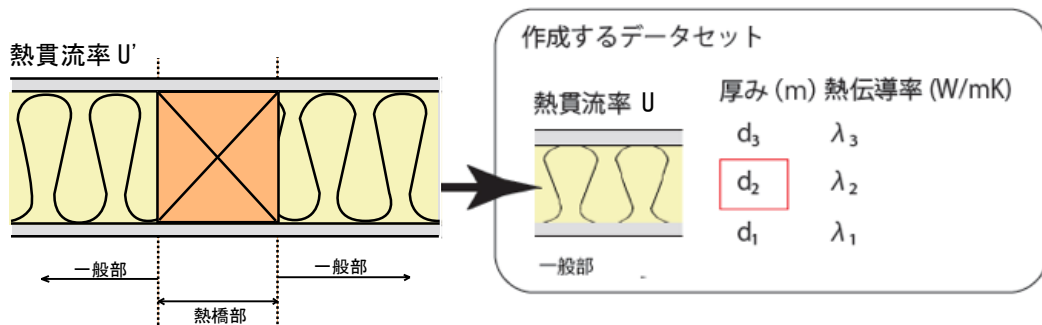
建築物省エネ法のルールによって、通気層がある場合には外装材の熱抵抗を加算しないこととしましたが、シミュレーションでは、日射や外気の影響を含めて計算を行うので、通気層と外装材はあるものとしてデータセットを作成します。

- 熱橋を考慮した構法・仕様データセットの作成
- データセットの作成方法
- データセットの作成 その1 充填断熱の例
- データセットの作成 その2 充填付加断熱の例
- データセットの作成 その3 その他構造
- 参考 熱橋部分が木造の場合の計算方法

熱橋を考慮した構法・仕様データセットの作成

冒頭の留意点にも記載していますが、例えば外壁の構成を定義するときには、一般部（断熱部）と熱橋となる部分の平均値として断熱性能を適用する必要があります。

下図は、一般部と熱橋部からなる外壁の構成を一様なものとして置き換える様子を模式的に示したものです。熱橋部を含む、外壁の熱貫流率 U' を用いて、逆算して断熱材の厚み d_2 を求めます。このとき、熱橋の原因となる柱・間柱が断熱材に置き換わっていることに注意してください。



※熱橋を含んだ熱貫流率 U' の値がわかっている必要があります。

①作成する部位の室内外熱伝達抵抗を表より選択

$$\frac{1}{\alpha_{in}} = 0.11, \quad \frac{1}{\alpha_{out}} = 0.04$$

例：外壁

部位	熱的境界内側（室内側）の 表面熱伝達抵抗 (m ² K/W)	熱的境界外側（外気側）の表面熱伝達抵抗	
		外気に直接接する場合	左記以外の場合
屋根	0.09	0.04	0.09 (通気層等)
天井	0.09	-	0.09 (小屋裏等)
外壁	0.11	0.04	0.11 (通気層等)
床	0.15	0.04	0.15 (床裏等)

Ver. 11 (住宅・住戸の外皮性能の計算プログラムVer. 02. 01~) 2018. 4 付録A表3. 1より抜粋

② d_2 を算出

$$d_2 = \lambda_2 \left(\frac{1}{U'} - \left(0.11 + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_3} + r_{air} + 0.04 \right) \right)$$

※
空気層がある場合には、空気層の熱抵抗を r_{air} に代入します。

求めた d_2 を使ってデータセットを作成します。

通気層を設ける場合は 0.11、
ない場合は 0.04 を入力します。

データセットの作成方法

ツールの操作画面上では、データセットファイルを指定のフォルダに追加すると、ファイル名が表示されるようになります。ファイル名は半角英数文字に限定する必要はなく、任意に作成することができます。日本語でも構いません。拡張子は.idfです。

データセットファイルはテキスト形式で記述されているので、メモ帳アプリを使って内容を編集、作成することができます。はじめて取り組まれる方は、既存のファイルをコピーして、必要な部分を編集しながら作業を進めると安心です。

データセットファイルは必ず以下のフォルダに保存してください。x.x.xはバージョン番号です。
構成・仕様データセット C:\¥PassiveDesignToolx.x.x¥Exe¥DataSets¥Construction

(1) Material 材料の登録

【物性値】

- ・計算に必要な物性値は、下表にある表面の荒さについてと7つの数値です。表面の荒さ、長波長放射率、日射吸収率 ※1、可視光透過率についてはすべての材料で共通の値として取り扱うこととしているので、任意材料を定義するには、**材料厚さ、熱伝導率、比熱、密度**の4つのデータが必要です。

データ構造

Material,		オブジェクトの宣言
MediumRough,	!- Roughness	荒さ (MediumRough : 固定とする)
0.076,	!- Thickness {m}	厚さ 単位がmであることに注意
0.038,	!- Conductivity {W/m-K}	熱伝導率
16,	!- Density {kg/m3}	密度
840,	!- Specific Heat {J/kg-K}	比熱
0.9,	!- Thermal Absorptance	長波長放射率 (0.9 : 固定)
0.8,	!- Solar Absorptance	日射吸収率 (0.8 : 固定)
0.7;	!- Visible Absorptance	可視光透過率 (0.7 : 固定)

この3つの値は固定値としていますが、ユーザーが定義されても構いません。

- ・調整後の断熱材の厚さ d_2 を用いてデータセットを作成します。

【表示名】

- ・同じ材料であっても厚みが異なる場合には、別途オブジェクトが必要です。これらを区別するためにオブジェクト名には、材料名、厚みの呼び寸法、計算上の寸法を含んだ名前とします。
- ・ツールで表示される名称は！以降の部分です。

Material,
 Plywood_9mm, !- 合板 9mm
 MediumRough, !- Roughness
 0.009, !- Thickness {m}
 0.16, !- Conductivity {W/m-K}
 550, !- Density {kg/m3}
 1300, !- Specific Heat {J/kg-K}
 0.9, !- Thermal Absorptance
 0.8, !- Solar Absorptance
 0.7; !- Visible Absorptance

Material,
 HG_GW16K_79.7mm_105mm, !- 高性能グラスウール断熱材16K相当 105mm
 MediumRough, !- Roughness
 0.0797, !- Thickness {m}
 0.038, !- Conductivity {W/m-K}
 16, !- Density {kg/m3}
 840, !- Specific Heat {J/kg-K}
 0.9, !- Thermal Absorptance
 0.1, !- Solar Absorptance
 0.7; !- Visible Absorptance

Material,
 HG_GW16K_76mm_85mm, !- 高性能グラスウール断熱材16K相当 85mm
 MediumRough, !- Roughness

Construction で定義するオブジェクト名
 調整後のオブジェクト名は以下のようにします。
 HG_GW16K_d2mm_105mm

d2 の値を入力

物性値の設定に必要な4つの値

最終行にはセミコロン ;

【Material の区切り】

- Material では、複数の材料を定義することができます。順番は問いませんが、どこに区切りがあるのか、プログラムに示す必要があります。物性値の最終行にはカンマ , ではなく、セミコロン ; を用います。

(2) Construction 構法の設定

ここでは構法の設定を行います。はじめに部位を指定して、建物の外側から室内側に向かって材料を設定します。材料のオブジェクト名は Material で定義した名称と揃えます。

Construction,
 Exterior Wall, !- 外壁
 HG_GW16K_79.7mm_105mm, !- 高性能グラスウール断熱材16K相当 105mm
 PlasterBoard_9.0mm; !- せっこうボード 9.0mm

Construction,
 Interior Wall, !- 間仕切り
 PlasterBoard_12.5mm, !- せっこうボード 12.5mm
 AirSpace, !- 非密閉中空層
 PlasterBoard_12.5mm; !- せっこうボード 12.5mm

Material で編集したオブジェクト名となっているか注意

データ構造

Construction	オブジェクトの宣言	
Exterior Wall	!- 外壁	名称
HG_GW16K_76mm_85mm	!- Outside Layer	室外側の材料の材料名
PlasterBoard_9.0mm	!- Layer 2	

以上が完了したら、ファイル名を確認して指定のフォルダにデータセットファイルを保存してください。これで新しいデータセットを利用することができます。

データセットの作成 その1 充填断熱の例

実際に、充填断熱構法を例にオリジナル断熱仕様の構法データセットを作成します。6地域において、以下の表にある仕様を想定します。建築物省エネ法のルールに従い、通気層の外側の外装材はないものとして取り扱っています。

外壁

柱・間柱間に断熱

熱貫流率U'
【W/(㎡K)】

0.424

分類	材料	厚さ 【mm】	熱伝導率λ 【W/(mK)】	面積比率⇒		断熱部(一般部)		断熱部+熱橋部		熱橋部	
				0.83	0.00	0.00	0.17	熱抵抗R 【㎡K/W】	熱抵抗R 【㎡K/W】	熱抵抗R 【㎡K/W】	熱抵抗R 【㎡K/W】
外気側の表面熱抵抗値	Ro (通気層0.11)			○			0.11			○	0.11
グラスウール断熱材	高性能グラスウール断熱材16K相当	105.0	0.038	○			2.763			×	0.00
木質系壁材・下地材	天然木材	105.0	0.120	×			0.000			○	0.875
非木質系下地・下地材	せっこうボードGB-R, GB-D, GB-L, GB-NC	9.0	0.221	○			0.041			○	0.041
室内側の表面熱抵抗	Ri						0.11				0.11
部材の厚さ							114.0				114.0
熱抵抗の合計ΣR【㎡K/W】							3.024				1.136
各断面の熱貫流率【W/(㎡K)】							0.331				0.880
熱貫流率【W/(㎡K)】							0.424				

はじめに、一般部と熱橋部それぞれの熱抵抗の合計を求めてから、その逆数にあたる熱貫流率を求めます。一般部と熱橋部の比率は、参考「木造軸組構法の熱貫流率算定における各部位の面積比率」から83%と17%とし、それらを加重平均した結果、熱貫流率U' : 0.424W/(㎡K)が得られます。

次に、調整後の断熱材の厚さd₂を求めるために、熱橋となる柱の部分を除いて一様な面材のみで計算を行います。d₂の算定式を用いて、グラスウール断熱材の厚さを求めた結果、79.7mmとなりました。実際のグラスウール断熱材の厚さは105mmですが、シミュレーションでは79.7mmを用いた計算が行われることとなります。

分類	材料	厚さ 【mm】	熱伝導率λ 【W/(mK)】	熱抵抗R 【㎡K/W】
外気側の表面熱抵抗値	Ro (通気層0.11)			0.11
グラスウール断熱材	高性能グラスウール断熱材16K相当	79.7	0.038	2.097
木質系壁材・下地材	天然木材	-	-	0.000
非木質系下地・下地材	せっこうボードGB-R, GB-D, GB-L, GB-NC	9.0	0.221	0.041
室内側の表面熱抵抗	Ri			0.11
部材の厚さ				-
熱抵抗の合計ΣR【㎡K/W】				2.358
各断面の熱貫流率【W/(㎡K)】				0.424
熱貫流率【W/(㎡K)】				0.424

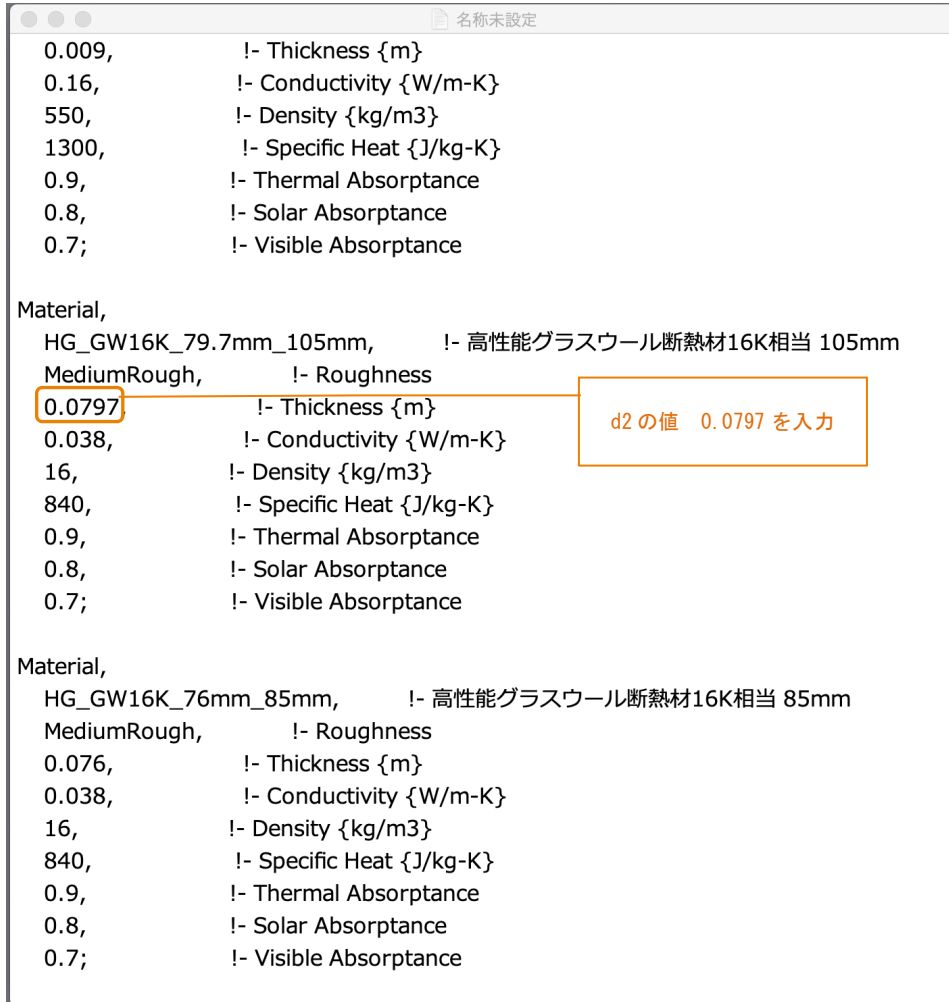
データセットの作成・編集

ここでは次の2つの作業を行います。

- Material での材料名と物性値の登録
- Construction での材料構成の定義

① Material

• 材料物性値の設定に必要なデータは、材料厚さ、熱伝導率、比熱、密度の4つです。



高性能グラスウール 16K 相当の厚さを調整することで U 値を調整しています。

② Construction

外壁の構成について、外側から順に記述します（通気層があるので、外装材は省略されています）。



データセットの作成 その2 充填付加断熱の例

別の例として、木造充填付加断熱構法を取り上げます。充填断熱構法と違って、柱の外側部分に断熱材を固定するための軸組部が熱橋部として加わっています。

ここでは、3地域における充填付加断熱の横下地の場合を例に以下の仕様を想定します。

外壁

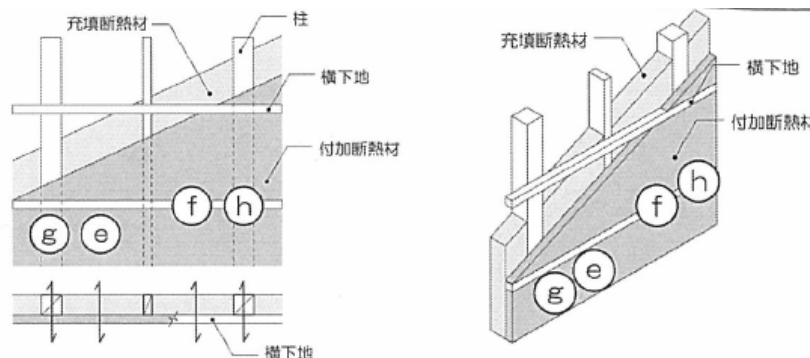
柱・間柱間断熱+付加断熱(横下地)

熱貫流率U'
【W/(m²K)】

0.210

分類	材料	厚さ 【mm】	熱伝導率λ 【W/(mK)】	面積比率⇒			
				断熱部(一般部) 0.75 e	断熱部+熱橋部 0.08 f	熱橋部 0.12 g	熱橋部 0.05 h
			熱伝導率λ 【W/(mK)】	熱抵抗R 【mK/W】	熱抵抗R 【mK/W】	熱抵抗R 【mK/W】	熱抵抗R 【mK/W】
外気側の表面熱抵抗値	Ro (通気層0.11)			○ 0.11	○ 0.11	○ 0.11	○ 0.11
ポリスチレンフォーム断熱材	押出法ポリスチレンフォーム保温版3種	75.0	0.028	○ 2.679	× 0	○ 2.679	× 0.00
木質系壁材・下地材	天然木材	75.0	0.120	× 0.000	○ 0.625	× 0	○ 0.625
木質系壁材・下地材	合板	9.0	0.160	○ 0.056	○ 0.056	○ 0.056	○ 0.056
グラスウール断熱材	高性能グラスウール断熱材16K相当	105.0	0.038	○ 2.763	○ 2.763	× 0	× 0
木質系壁材・下地材	天然木材	105	0.12	× 0	× 0	○ 0.875	○ 0.875
非木質系下地・下地材	せっこうボードGB-R, GB-D, GB-L, GB-NC	9.0	0.221	○ 0.041	○ 0.041	○ 0.041	○ 0.041
室内側の表面熱抵抗	Ri			0.11	0.11	0.11	0.11
部材の厚さ				198.0	198	198	198.0
熱抵抗の合計ΣR【mK/W】				5.759	3.705	3871	1.817
各断面の熱貫流率【W/(m ² K)】				0.174	0.27	0.258	0.550
熱貫流率【W/(m ² K)】				0.210			

下図に示すように、断熱部(一般部) e、断熱部+熱橋部 f+g、熱橋部 h のそれぞれの面積比率を表中の数値とした場合、平均の熱貫流率 U' 値は 0.210 となります。



次に、熱橋となる部分を除いて、一様な面材として計算を行います。

厚さの調整は XPS (3種) で行うこととし、厚さ d₂ は 47.0mm という結果が得られます。

分類	材料	厚さ 【mm】	熱伝導率λ 【W/(mK)】	熱抵抗R 【mK/W】
外気側の表面熱抵抗値	Ro (通気層0.11)			0.11
ポリスチレンフォーム断熱材	押出法ポリスチレンフォーム保温版3種	47.0	0.028	1.679
木質系壁材・下地材	天然木材	-	-	0.000
木質系壁材・下地材	合板	9.0	0.160	0.056
グラスウール断熱材	高性能グラスウール断熱材16K相当	105.0	0.038	2.763
木質系壁材・下地材	天然木材	-	-	0.000
非木質系下地・下地材	せっこうボードGB-R, GB-D, GB-L, GB-NC	9.0	0.221	0.041
室内側の表面熱抵抗	Ri			0.11
部材の厚さ				-
熱抵抗の合計ΣR【mK/W】				4.759
各断面の熱貫流率【W/(m ² K)】				0.210
熱貫流率【W/(m ² K)】				0.210

データセットの作成・編集

XPS 3 種 の厚さを調整することで、データセットを作成します。

① Material

材料物性値の設定に必要なデータは、**材料厚さ、熱伝導率、比熱、密度**の4つでした。手順は充填断熱構法の場合と同様です。

```
0.0797,      !- Thickness {m}
0.038,       !- Conductivity {W/m-K}
16,          !- Density {kg/m3}
840,        !- Specific Heat {J/kg-K}
0.9,        !- Thermal Absorptance
0.8,        !- Solar Absorptance
0.7;        !- Visible Absorptance

Material,
HG_GW16K_76mm_85mm,      !- 高性能グラスウール断熱材16K相当 85mm
MediumRough,            !- Roughness
0.076,                  !- Thickness {m}
0.038,                  !- Conductivity {W/m-K}
16,                     !- Density {kg/m3}
840,                    !- Specific Heat {J/kg-K}
0.9,                    !- Thermal Absorptance
0.8,                    !- Solar Absorptance
0.7;                    !- Visible Absorptance

Material,
XPStype3aA_47mm_75mm,    !- 押出法ポリスチレンフォーム保温板3種aA 75mm
MediumRough,            !- Roughness
0.047,                  !- Thickness {m}
0.028,                  !- Conductivity {W/m-K}
25,                     !- Density {kg/m3}
1300,                   !- Specific Heat {J/kg-K}
0.9,                    !- Thermal Absorptance
0.8,                    !- Solar Absorptance
0.7;                    !- Visible Absorptance
```

② Construction

・外壁の構成について記述します。

```
Construction,
Exterior Wall,          !- 外壁
XPStype3aA_47mm_75mm, !- 押出法ポリスチレンフォーム保温板3種aA 75mm
Plywood_9mm,           !- 合板 9mm
HG_GW16K_105mm,       !- 高性能グラスウール断熱材16K相当 105mm
PlasterBoard_9mm;     !- せっこうボード 9mm

Construction,
Interior Wall,         !- 間仕切り
PlasterBoard_12.5mm,  !- せっこうボード 12.5mm
AirSpace,              !- 非密閉中空層
PlasterBoard_12.5mm;  !- せっこうボード 12.5mm
```


Material での材料の定義と、Construction では外部から内側に向かって材料を定義すれば、自由に材料を組み合わせてシミュレーションを行うことができます。木造建物の場合、建築物省エネ法との整合を取るために、通気層がある場合には外装材を省略して熱貫流率を求めました。その場合は、EnergyPlus の計算上、断熱材が最外部の材料として計算が行われるため、日射吸収率を 0.8 から 0.1 として調整が必要でした。

その他構造としてデータセットを作成する場合でも、上記の配慮は同様ですが、ユーザーの方針として、建築物省エネ法に合わせる必要はなく、通気層を設けて外装材も計算に加えたいならば自由にお使いいただいて構いません。ここでは壁式 RC 造の作成例を取り上げます。木造に比べると熱容量が 10 倍程度大きな建物になるので、様々なシミュレーションを行うことで新たな知識が得られることとおもいます。この壁式 RC 造の材料を変更するだけで、簡易にログハウスや CLT の建物としてデータセットを作ることもできますので是非お試しください。

また、コンピューターを使ったシミュレーションならではの使い方として、実際には実現しそうな全面ガラス張りの建物や、すべて土で造る、全面を鉄にしてみたらどうなるのか、分厚い断熱材にしてしまうなど発想の限りにおいて自由にお使いいただくことも一考です。

データセットの作成・編集

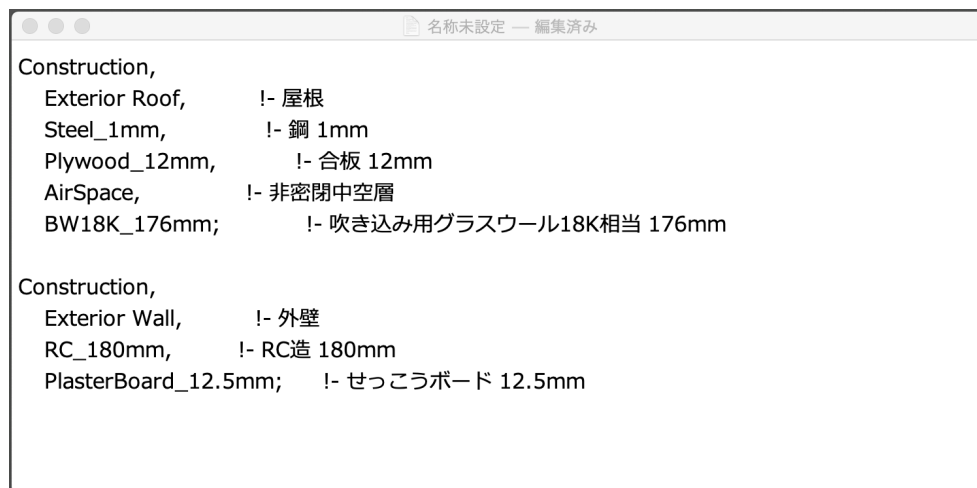
外壁の部分のみ、厚さ 180mm の RC 造の打ち放し、内部に 9.5mm の石膏ボード貼りのデータセットを作成します。操作マニュアルの p.41 に、物性値の一覧があるので参照してください。RC なので、実際にはコンクリートと鉄筋の平均値を用いますが、ここではコンクリートの物性値を入力しています。

コンクリート

Material,		オブジェクトの宣言
MediumRough,	!- Roughness	荒さ (MediumRough : 固定とする)
0.076,	!- Thickness {m}	厚さ 単位がmであることに注意
1.6,	!- Conductivity {W/m-K}	熱伝導率
2300,	!- Density {kg/m3}	密度
880,	!- Specific Heat {J/kg-K}	比熱
0.9,	!- Thermal Absorptance	長波長放射率 (0.9 : 固定)
0.8,	!- Solar Absorptance	日射吸収率 (0.8 : 原則固定、通気層がある場合0.1)
0.7;	!- Visible Absorptance	可視光透過率 (0.7 : 固定)



Construction では、すでに登録済のせっこうボード 12.5mm を記述します。



建築物省エネ法では、建物の熱橋部分が木造となる場合の一般部位の熱貫流率（ U_i ）の計算方法について、以下の3通りを定めています。ただし、丸太組構法においては①のみとなっています。

①詳細計算方法

部位ごとに、熱橋部と一般部の見付面積を部材一本ずつ拾い、それぞれの部位の面積を合計した値を総面積で除することにより面積比率を算出し、あとは部位ごとの熱貫流率を加重平均することで当該部位の熱貫流率を求めたものです。

②簡略計算方法-1

一般部位 i の熱貫流率 U_i は、一般部位 i の部分である k の面積比率を、木造軸組構法の場合は下表の値を用いることができます。

【木造軸組構法の熱貫流率算定における各部位の面積比率】

部位	工法の種類等		面積比率			
			断熱部	断熱部+熱橋部		熱橋部
床	床梁工法	根太間に断熱する場合	0.80			0.20
		根太間に断熱する場合	0.80			0.20
		大引間に断熱する場合	0.85			0.15
	床束大引工法	根太間断熱+大引間断熱の場合	根太間断熱材+大引間断熱材	根太間断熱材+大引材等	根太材+大引間断熱材	根太材+大引材等
			0.72	0.12	0.13	0.03
	剛床工法		0.85			0.15
床梁土台同面工法	根太間に断熱する場合	0.70			0.30	
外壁	柱・間柱間に断熱する場合		0.83			0.17
	柱・間柱間断熱+付加断熱	e 充填断熱材+付加断熱材	f 充填断熱材+付加断熱層内熱橋	g 構造部材等+付加断熱材	h 構造部材等+付加断熱層内熱橋	
		横下地の場合	0.75	0.08	0.12	0.05
		縦下地の場合	0.79	0.04	0.04	0.13
天井	桁・梁間に断熱する場合		0.87			0.13
	天井に断熱材を敷込む又は吹込む場合		1			0
屋根	たる木間に断熱する場合		0.86			0.14
	たる木断熱+付加断熱横下地の場合	たる木間断熱材+付加断熱材	たる木間断熱材+付加断熱層内熱橋部(下地たる木)	たる木+付加断熱材	たる木+付加断熱層内熱橋部(下地たる木)	
0.79		0.08	0.12	0.01		

出典：外皮の熱損失の計算方法 国立研究開発法人 建築研究所

https://www.kenken.go.jp/becc/documents/house/Manual_HeatLoss_20130712.pdf

③簡略計算方法-2

簡略計算方法-1 を更に簡略化した計算方法で、断熱部の熱貫流率を求めてこの値に補正熱貫流率を加算することで当該部位の熱貫流率を求めることができます。

なお、ここで定める計算方法は、熱橋部が一定の断熱性能を有する木造であるため適用できる計算方法となっているので、熱橋部が鉄骨造や鉄筋コンクリート造などの場合はこの計算方法によることは出来ません。

最新の情報については国立研究開発法人建築研究所が公開する平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報は以下のページを参照してください。

<https://www.kenken.go.jp/becc/house.html>

以上