

鉄筋コンクリート造等の熱橋部位の線熱貫流率計算要領

一般社団法人 住宅性能評価・表示協会
平成 28 年 6 月 3 日制定

本要領は、鉄筋コンクリート造等の住宅における構造部材等による熱橋（以下「構造熱橋部」という。）を含む部位（以下「熱橋部位」という。）の線熱貫流率を定常 2 次元伝熱計算プログラムで計算する方法を示すものである。

なお、本要領に基づく計算は、当分の間、住宅型式性能認定の取得に限定して使用できるものとし、住宅型式性能認定によらない住宅性能評価申請には適用できない。

1. 用語の定義

- (1) 「鉄筋コンクリート造等」とは、鉄筋コンクリート造又は鉄骨鉄筋コンクリート造をいう。
- (2) 「熱橋」とは、構造部材、下地材、窓枠下材その他断熱構造を貫通する部分であって、断熱性能が周囲の部分より劣るものをいう。
- (3) 「壁体の長さ」とは、構造熱橋部を中心とした壁体上下のある一定の長さをいう。
- (4) 「壁体全体」とは、線熱貫流率を計算する熱橋部位の範囲をいう。
- (5) 「代表計算モデル」とは、熱橋部位の形状、境界条件及び断熱性能が同一で構造熱橋部の各寸法に範囲がある場合に、当該熱橋部位の線熱貫流率が最大となるよう、各寸法の最大値又は最小値を定めた計算モデルをいう。
- (6) 「断熱補強」とは、構造熱橋部の断熱性能を強化するために付加した断熱材をいう。

2. 本要領が対象とする熱橋部位

本要領が対象とする熱橋部位は、鉄筋コンクリート造等の住宅における 2 次元熱流であるものに限る。例えば 3 次元熱流となる熱橋部位は本要領の対象外とする。

3. 線熱貫流率の求め方

鉄筋コンクリート造等の住宅の線熱貫流率は、以下の(1)から(3)までの方法により求める。100分の1未満の端数を切り上げた小数第二位までの値とする。

(1) 構造熱橋部を含む壁体全体の貫流熱損失 (Q_w) を求める。

「{熱橋長さ (W) = 1 m} × 壁体の長さ (L_w)」の構造熱橋部を含む計算モデルを設定し、定常 2 次元伝熱計算プログラムを用いて壁体全体の貫流熱損失を求める。

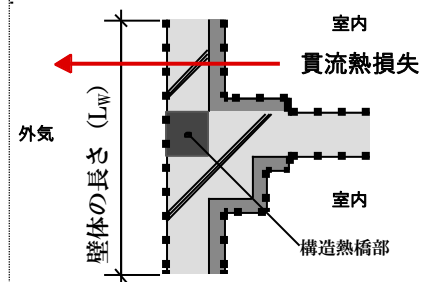
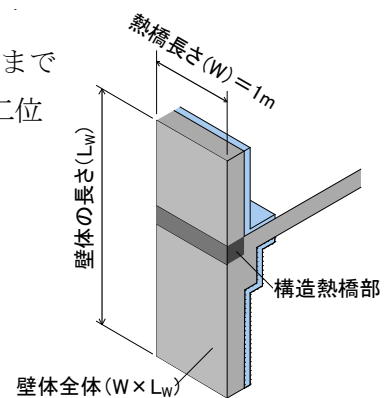
$$Q_w = U_w \times L_w \times W$$

Q_w : 構造熱橋部を含む壁体全体の貫流熱損失 [W/K]

U_w : 構造熱橋部を含む壁体全体の熱貫流率 [$W/(m^2 \cdot K)$]

L_w : 壁体の長さ [m]

W : 熱橋長さ (1 m)



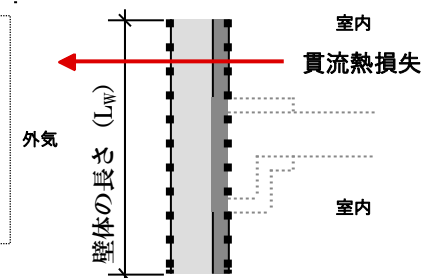
(2) 熱橋がないと仮定した場合の壁体全体の貫流熱損失 (Q_g) を求める。

(1) で設定した構造熱橋部を含む計算モデルをもとに熱橋がないと仮定した場合の計算モデルを設定し、壁体全体の貫流熱損失を求める。

$$Q_g = U_g \times L_w \times W$$

Q_g : 熱橋がないと仮定した場合の壁体全体の貫流熱損失 [W/(K)]

U_g : 熱橋がないと仮定した場合の壁体全体の熱貫流率 [$W/(m^2 \cdot K)$]



(3) 線熱貫流率 (ψ) を求める。

(1) と (2) で求めた貫流熱損失の差、つまり熱橋の影響による貫流熱損失増加分が線熱貫流率となる。

$$\psi = Q_w/W - Q_g/W$$

$$= U_w \times L_w - U_g \times L_w$$

ψ : 線熱貫流率 [$W/(m \cdot K)$]

4. 構造熱橋部を含む壁体全体の貫流熱損失 (Q_w) の求め方

(1) 計算に用いることができるプログラムの計算精度

貫流熱損失の算出に用いる定常 2 次元伝熱計算プログラムは、ISO 10211:2007 (Thermal bridges in building construction -- Heat flows and surface temperatures -- Detailed calculations) の ANNEX A Case2 に示す例題の計算結果が温度差 0.1°C 以内、熱流量の差 0.1W/m 以内となる計算精度が確保されているものを用いなければならない。

(例：TB1 for Windows/株気象データシステム)

(2) 計算モデルの設定の考え方

計算モデルは、熱橋部位の形状 (T 型、+ 型、L 型、柱・梁等の突出部の寸法等) や断熱仕様 (内断熱、外断熱等の断熱位置や設置範囲、断熱材の断熱性能等) などの条件ごとに設定することとする。ただし、熱橋部位の形状、境界条件及び断熱性能が同一である場合は、代表計算モデルを設定することもできる。代表計算モデルの適用範囲を表 1 に、熱橋部位の例 (T 型) を図 1 に示す。

表 1 代表計算モデルの適用範囲

項目	適用範囲	備考
壁体の厚さ	代表計算モデルの寸法以上	熱橋部位の形状、境界条件 ^(注1) 及び断熱仕様 ^(注2) は同一であること。
床 (床版) の厚さ	代表計算モデルの寸法以下	
梁 (柱) の幅・高さ	代表計算モデルの寸法以下	
断熱補強の範囲	代表計算モデルの寸法以上	

(注 1) 例えば、後述の表 3 の表面熱伝達抵抗を用いた場合で、柱 (壁) と梁の計算モデルが同じ形状となる場合であっても、境界条件は異なるため、柱 (壁) の計算結果をもって、梁の計算を省略することはできない。同様に、中間階における梁の計算結果をもって、最上階や最下階における梁の計算を省略することはできない。

(注 2) 断熱材の熱伝導率と厚さは計算モデルと同一でなければ適用できない。熱抵抗が同じになる場合であっても、計算を省略することはできない。

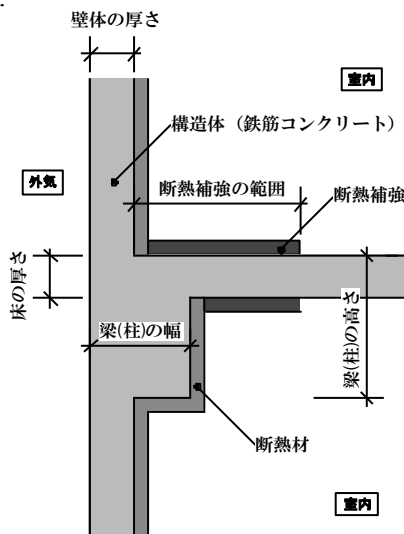


図 1 熱橋部位の例 (T 型)

(3) 計算モデルの構築方法

1) 各材料の物性値

各部材の熱伝導率は、次のいずれかとする。

- ① JIS 規格に定める値 (JIS 表示品である場合)
- ② JIS 規格に定める試験方法に基づく試験値
- ③ JIS 規格に定める計算方法に基づく計算値
- ④ 国立研究開発法人建築研究所ホームページ※に掲載の「エネルギー消費性能の算定方法」の第3章第二節「外皮の熱損失」付録Aで定める値

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

2) 境界条件

温度及び表面熱伝達抵抗の境界条件を表2に示す。表面熱伝達抵抗は、対象部位を特定できる場合は表3に示す値を選択して計算してもよい。また、室内又は外気とみなす空間の例を表4に示す。

表2 境界条件

	室内側	外気側
温度[°C]	20	0
表面熱伝達抵抗[m ² ・K/W]	0.09	0.04

表3 表面熱伝達抵抗[m²・K/W]

部位	熱的境界内側 (室内側) の 表面熱伝達抵抗	熱的境界外側 (外気側) の表面熱伝達抵抗	
		外気に接する場合	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)

表4 室内又は外気とみなす空間の例

室内とみなす空間	外気とみなす空間
室内、当該住戸の室内、隣接住戸の室内	左記以外の空間 (例えば、外気、外気に通じる空間 (小屋裏、天井裏、共用部、屋内駐車場、メーターボックス、エレベーターシャフト等)、外気に通じていない空間 (昇降機室、共用機械室、倉庫等)、外気に通じる床裏、外気に通じていない床裏 (ピット等*))

※ 当該ピット等の床が1m以上地盤面にあり、かつ、その床面から地盤面までの高さがその空間の天井高さの1/2以上のものに限る。

3) 計算モデルの形状・寸法等

計算モデルは、構造熱橋部又は断熱補強から 1000mm 以上の寸法とする。なお、構造熱橋部に柱、梁等の突出部がある場合は、突出部端部から 1000mm 以上とする。構造熱橋部の寸法の考え方を図 2 に示す。

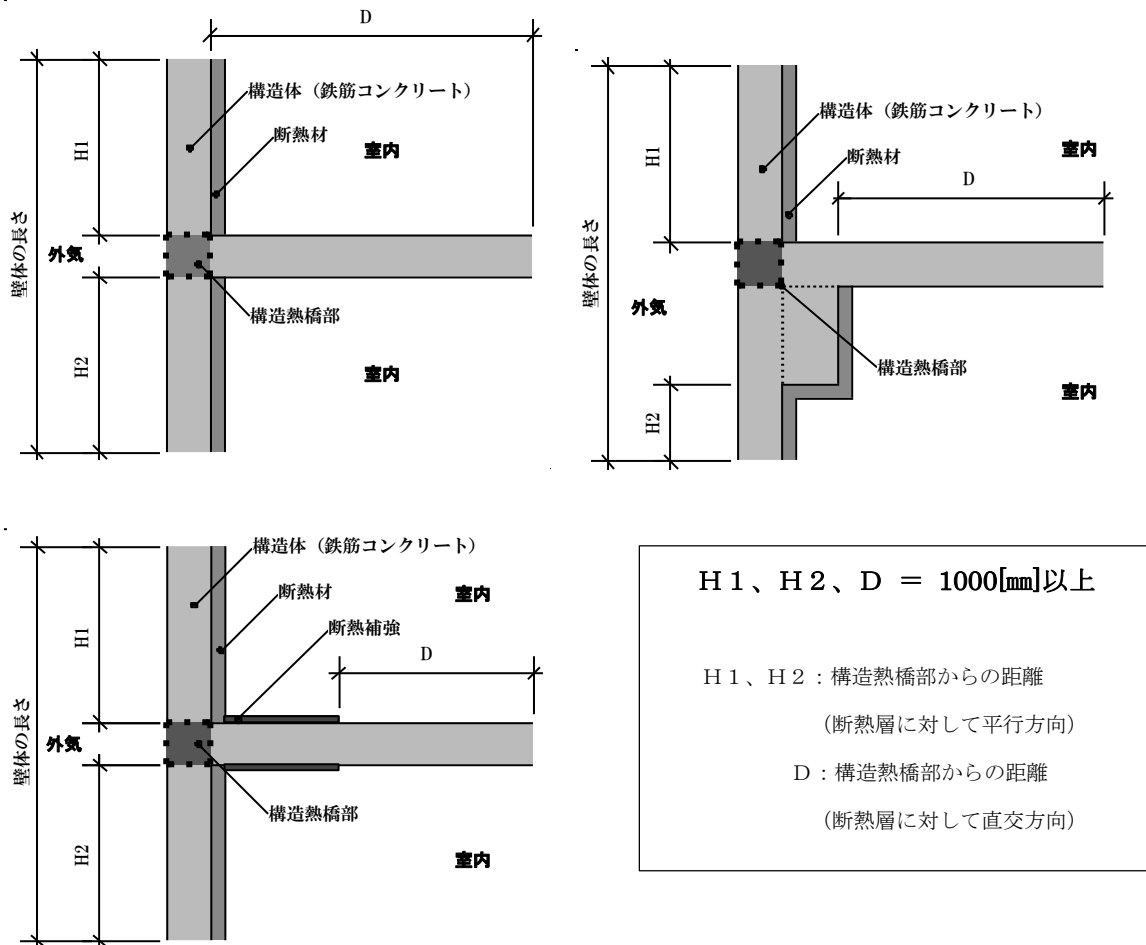


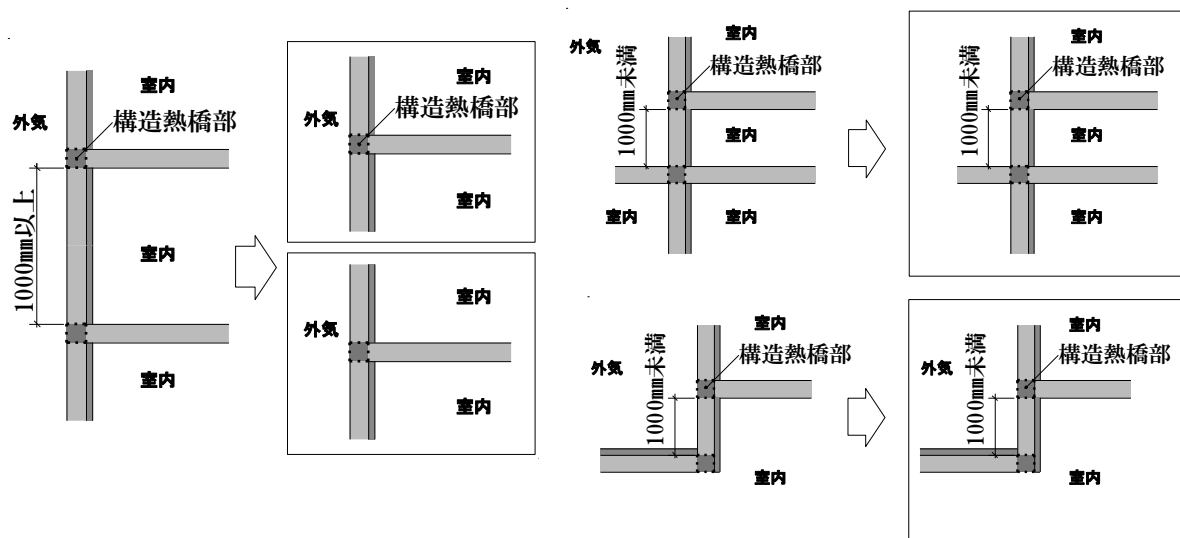
図 2 計算モデルの寸法例

① 隣接する構造熱橋部間の距離

隣接する構造熱橋部間の距離が 1000 mm 以上の場合は、それぞれの構造熱橋部を含む計算モデルを独立して設定しなければならない。隣接する構造熱橋部間の距離が 1000 mm 未満となる場合は、それぞれの構造熱橋部を一体とした計算モデルを設定してもよい（この規定は隣接する熱橋部位の形状や隣接空間等の条件が異なる場合にも適用される。）。構造熱橋部間の距離による計算モデルの設定の考え方を図 3 に示す。なお、柱、梁等の突出部がある場合は突出部の端部からの寸法とする（図 4）。

隣接構造熱橋部間の距離が 1000 mm 以上のとき
（独立の計算モデルでなければならない）

隣接構造熱橋部間の距離が 1000 mm 未満のとき
（一体の計算モデルとすることができる）



（隣接する熱橋部位の形状が異なる場合の例）

図 3 構造熱橋部間の距離による計算モデルの設定の考え方

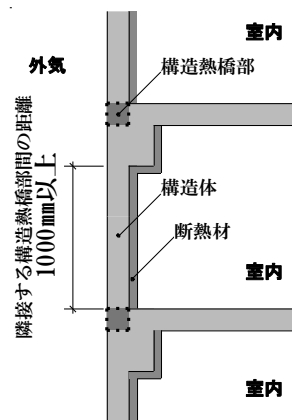


図 4 構造熱橋部が隣接する熱橋部位の例（柱、梁等の突出部がある場合）

隣接する構造熱橋部間の距離が 1000 mm未満でそれぞれの構造熱橋部を含む独立した計算モデルを設定する場合は、構造熱橋部から壁体端部までの距離を 1000 mm以上としなければならない。例えば構造熱橋部間の距離が実際には 1000 mm未満の場合でも、壁体の長さを延ばした仮想の壁体を設けることにより、計算モデルの構造熱橋部から壁体端部までの距離を 1000 mm以上とする。計算モデル設定の考え方を図 5 に示す。

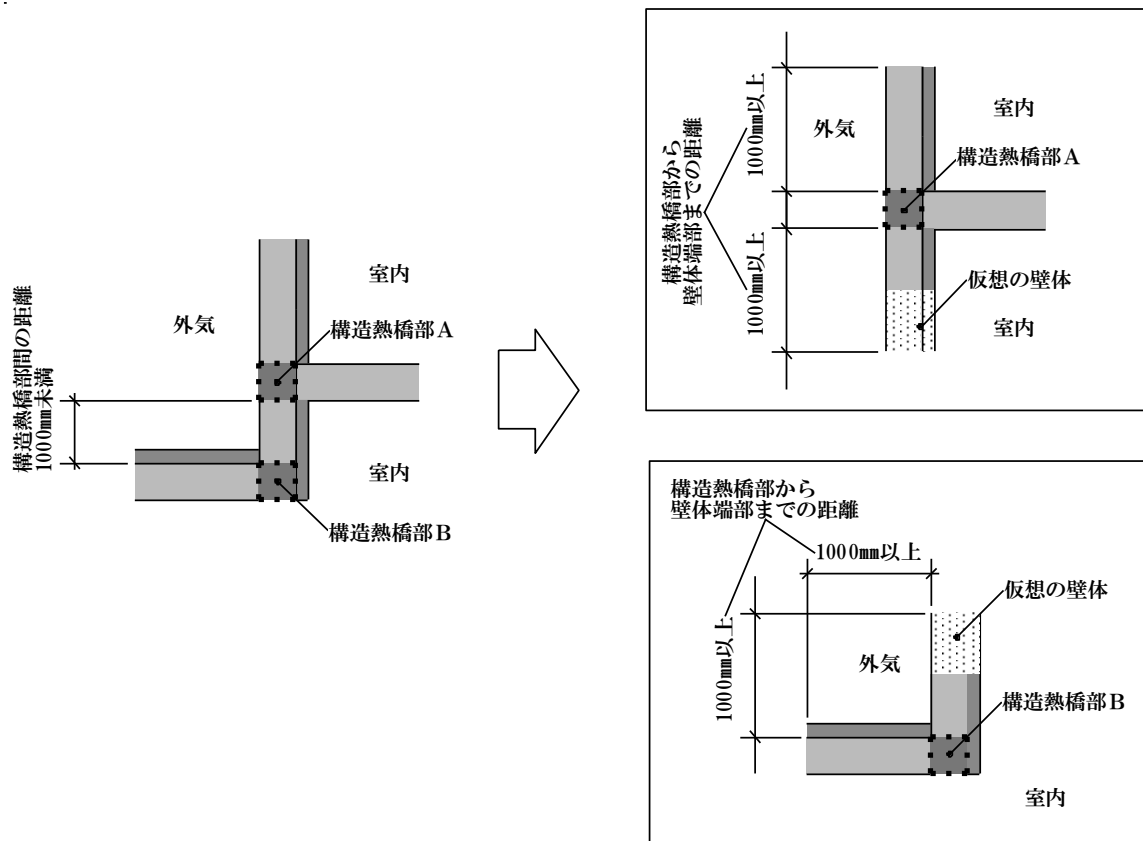


図 5 隣接する構造熱橋部間の距離が 1000 mm未満で独立した計算モデルを設定する場合の考え方

(4) 計算格子の寸法について

計算精度が損なわれないように、隅角部などの 2 次元的に温度変化が大きい部分においては、分割後の計算格子の寸法はできるだけ小さくすること（例えば約 1 mm）が望ましい。

5. 熱橋がないと仮定した場合の壁体全体の貫流熱損失 (Q_g) の求め方

(1) 計算モデルの設定の考え方

構造熱橋部を含む計算モデルの形状をもとに設定する。壁体の長さ (L_w)、壁体の厚さ等の構造体の寸法は同一とする。

(2) 計算モデルのつくり方

1) 各材料の物性値、境界条件

構造熱橋部を含む計算モデルと同じ条件とする。

2) 計算モデルの形状・寸法等

構造体の寸法 (壁体の長さ・厚さ)、境界条件 (外気・室内の位置関係)、断熱形式 (外断熱・内断熱)、断熱材の種類 (断熱材の種類・厚さ・断熱性能) の条件は同一とする。断熱補強は計算に含めない。柱・梁等の突起部分はないものとする。計算モデルの例を図6に示す。

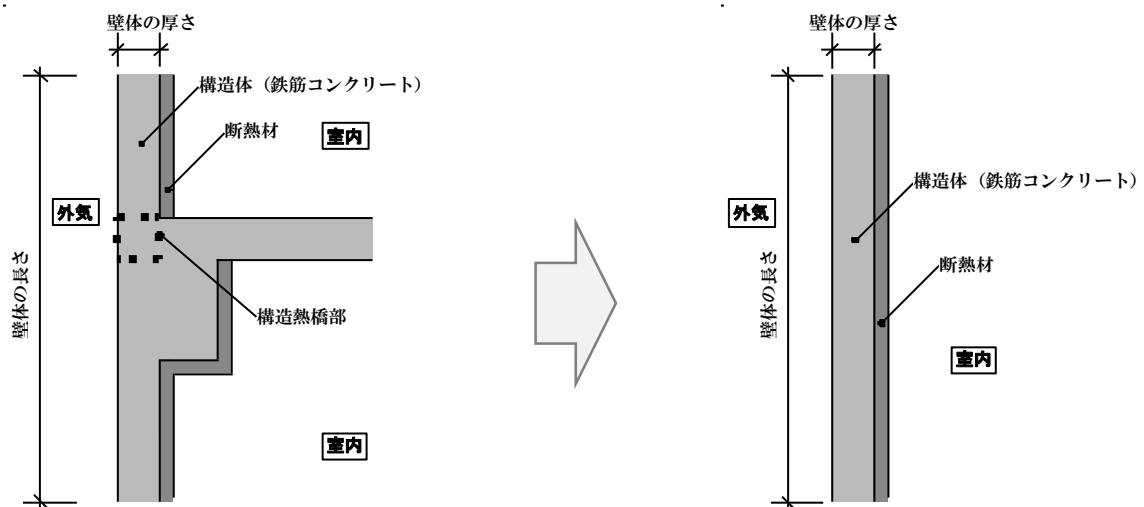


図6 熱橋がないと仮定した場合の計算モデルの例 (T型)

図7のL型の熱橋部位のように熱流方向が一方向でない場合は、壁心を基準に複数のI型の断熱部位に分割してからそれぞれの貫流熱損失 (Q_g) を合算する。計算モデルの考え方を図7に示す。

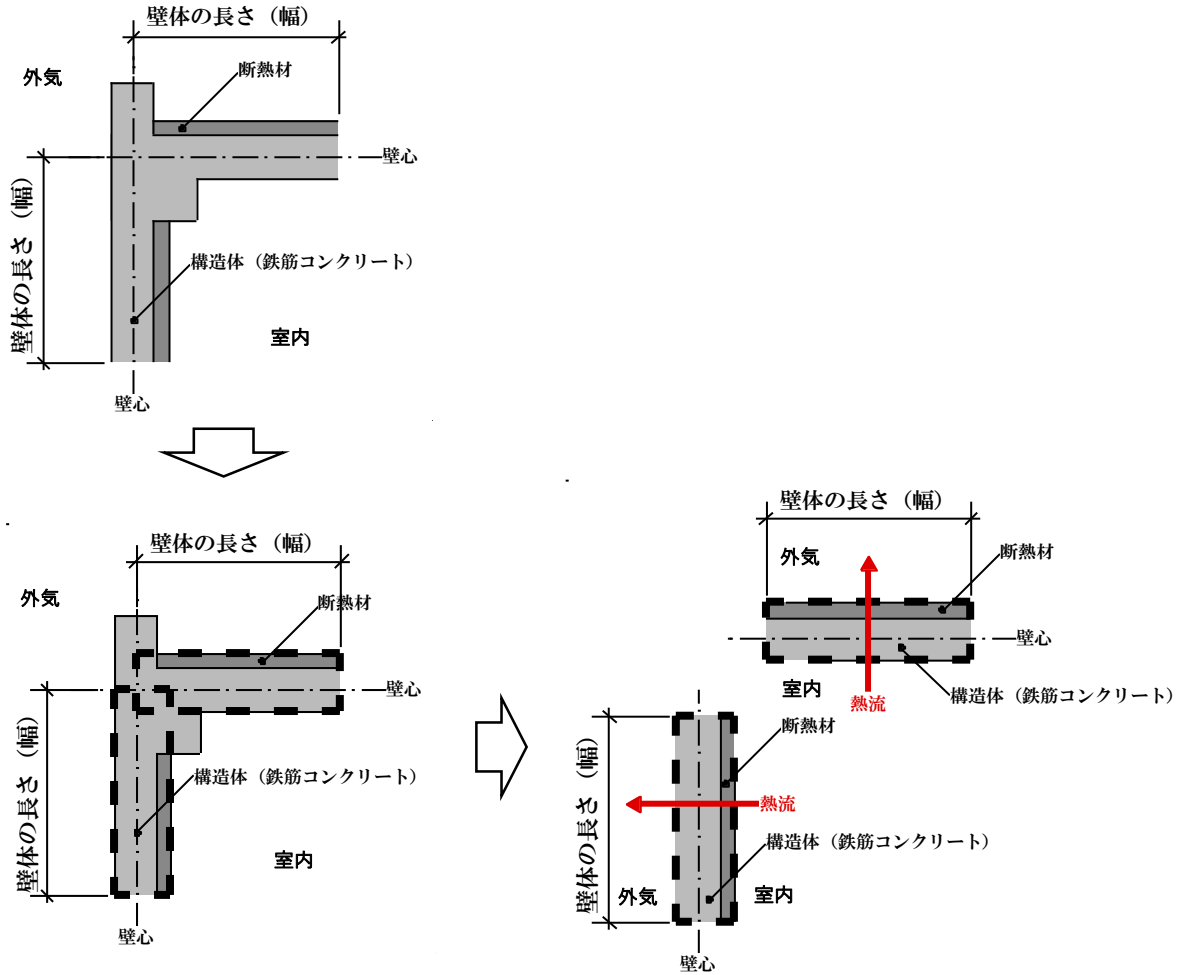


図7 熱橋がないと仮定した場合の計算モデルの考え方 (L型の場合)

貫流熱損失量(Q_g)の計算式

$$Q_g = \sum_i (U_{g,i} \times L_{w,i})$$

Q_g : 構造熱橋部を含む壁体全体の貫流熱損失 [W/(m・K)]

$U_{g,i}$: 壁体 i の熱貫流率 [W/(m²・K)]

$L_{w,i}$: 壁体 i の長さ (幅) [m]

隣接する構造熱橋部間の距離が 1000 mm 未満となり、隣接した構造熱橋部を一体とした場合の計算モデルの考え方を図 8 に示す。熱流方向が複数存在する場合は、図 7 で示した例と同様に壁心を基準に複数の I 型の断熱部位に分割してからそれぞれの貫流熱損失 (Q_g) を合算する。

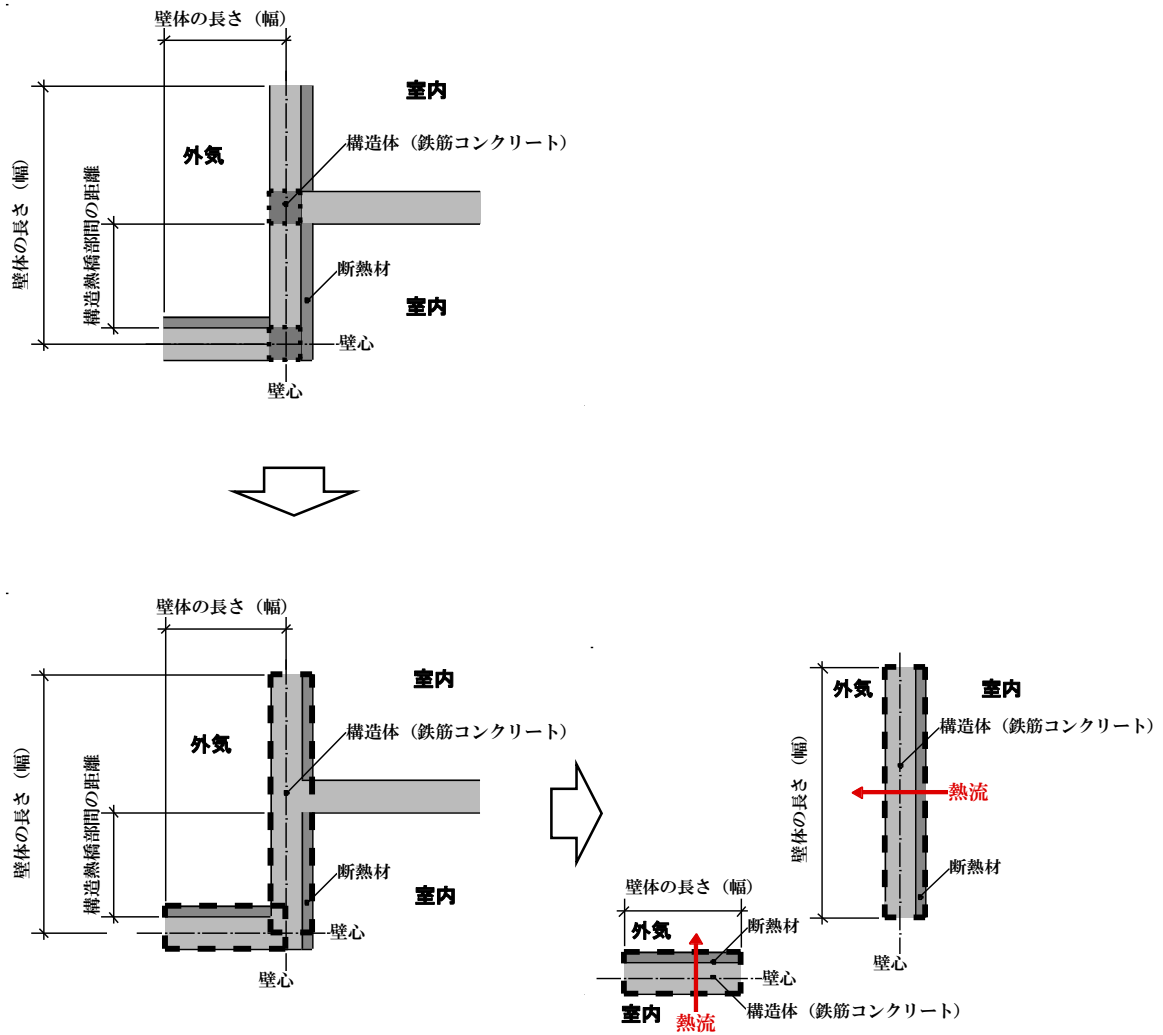


図 8 熱橋がないと仮定した場合の計算モデルの考え方 (T型+L型の場合)

【解説】

1. 本ガイドライン制定の背景

建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令における算出方法等に係る事項（平成 28 年国土交通省告示第 265 号）第 2 の 1（1）イにおいて、外皮平均熱貫流率は、熱橋による貫流熱量を勘案した数値とすることが定められている。

熱橋による貫流熱量を勘案した数値は、「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説※」等の解説書で、鉄筋コンクリート造等の住宅の熱橋形状に応じた線熱貫流率が一覧表で示されており、設計者は線熱貫流率の数値を確認することができる。しかし、熱橋形状や仕様の組合せは多様であり、当該一覧表に記載のない種類の熱橋形状や仕様の組合せが発生する場合がある。

これを踏まえ、本ガイドラインでは、多様な熱橋形状についての線熱貫流率の計算方法を示すことにした。

※ 平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説
（監修：国土交通省・独立行政法人 建築研究所）

2. 本ガイドラインの概要

本要領では、鉄筋コンクリート造等の住宅における熱橋部位の線熱貫流率を定常 2 次元伝熱計算プログラムで計算する方法について規定している。

構造熱橋部の形状について、断熱性の観点から安全側と判断できる寸法違いの仕様を 1 つの線熱貫流率で評価できる寸法範囲を定め、代表計算モデルによる計算ができるようにした。

熱伝導率の根拠、境界条件等は、「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」と同一とした。なお、境界条件のうち表面熱伝達抵抗について、部位を限定しない場合を想定し、表面熱伝達抵抗を安全側の評価となる数値（全部位の表面熱伝達抵抗の最小値）を設定した。

計算モデルの寸法について、できるだけ精緻で安全側の評価となるよう条件を規定した。これまでの経験から計算精度を確保できる設定として、壁体の長さは構造熱橋部などからの距離を 1000mm 以上とした。

構造熱橋部が隣接する場合について、構造熱橋部間の距離に応じた計算モデルの設定方法を規定した。構造熱橋部間の距離が 1000mm 以上となる場合は、それぞれの構造熱橋部の影響がなくなるため、計算モデルを独立して設定しなければならないと規定した。構造熱橋部間の距離が 1000mm 未満となる場合は、①それぞれの構造熱橋部の影響をそのまま反映させた一体の計算モデルとする方法と、②それぞれの構造熱橋部を分離して仮定の壁体を設定した計算モデルとする方法のいずれかと規定した。①では、構造熱橋部間の距離は固定される

が、貫流熱損失は②と比べ小さくなる。②では、構造熱橋部間の距離は固定されないが、貫流熱損失は①と比べ大きくなる。

3. 定常 2 次元伝熱計算プログラムの精度確認方法

貫流熱損失の算出に用いる定常 2 次元伝熱計算プログラムは、ISO 10211:2007 に規定される例題について計算し、同規格に示す結果との差が温度差 0.1°C 以内、熱流量の差 0.1W/m 以内となる計算精度が確保されていなければならないものとした。

参考までに、ISO 10211:2007 の例題を下図に示す。

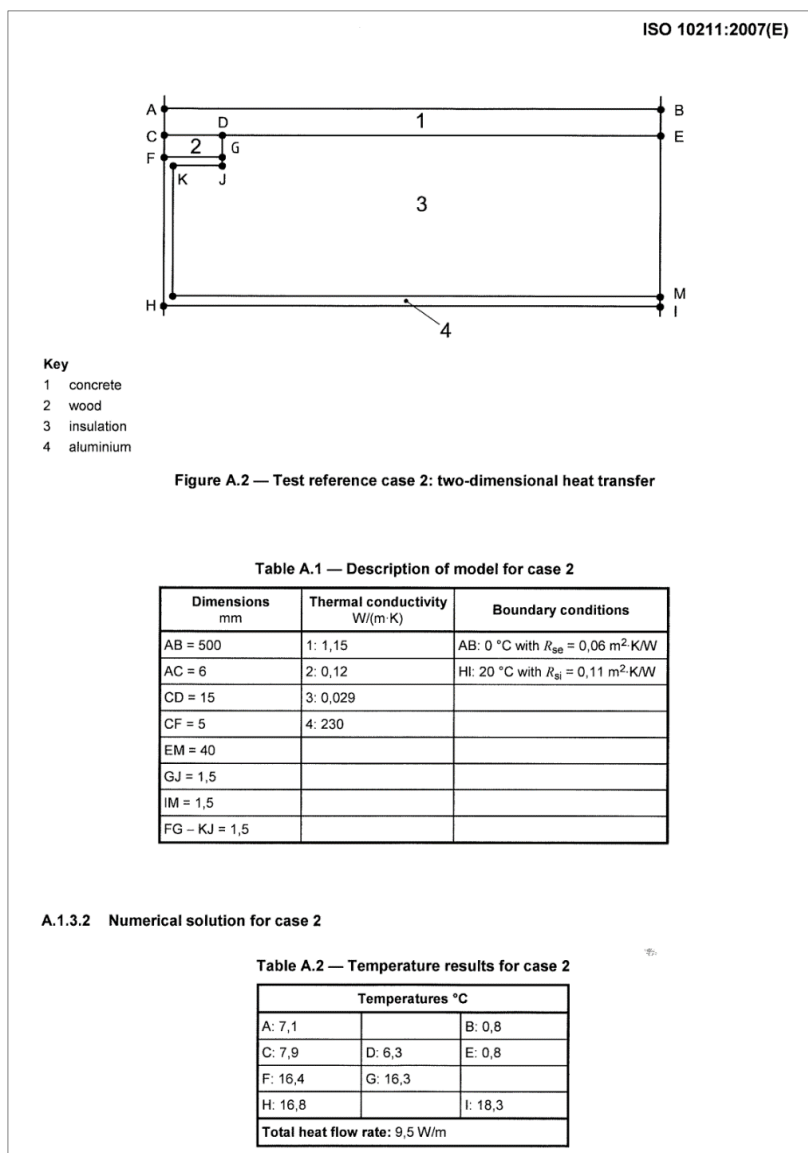


図. ISO 10211:2007 の 2 次元伝熱計算の例題