

JSTM J 6112 (建築用構成材の遮熱性能試験方法)

1. はじめに

ここでは、2011年5月に制定した建材試験センター規格、JSTM J 6112(建築用構成材の遮熱性能試験方法)について紹介する。本規格は、屋根や外壁等の夏季における室内への侵入熱量抑制性能を定量的に評価するための試験規格である。

2. 制定の経緯

我が国の省エネルギー政策により住宅においても建物の高断熱・高气密化が進んでいるが、近年、都市部でのヒートアイランドや熱帯夜といった夏季の温熱環境の過酷化も問題となっている。窓などの直接日射の影響を受ける開口部においては、以前から様々な夏季の日射対策が検討されているが、最近では屋根や壁においても、同様に夏季の日射熱の室内への侵入を抑制する技術の開発も行われ、日射対策を目的とした工法も普及しつつある。その代表的なものが屋根あるいは壁内部にアルミニウム箔などの低放射率材料を施工し、外装材からの放射による室内への侵入熱量を抑制する工法である。これらの工法は、通気層を持つことが多く、放射の抑制+排熱により室内への侵入熱量を抑制するものである。このような技術は、いわゆる「断熱性能」とは区別して「遮熱性能」と呼ばれることが多い。しかし、現在「遮熱性能」の明確な定義はなく、またその評価方法もさまざまである。

これまででも、当試験所では低放射率材料等を用いた屋根や壁の性能試験を行っている。基本的な測定方法は、人工光源を持つ人工気候室で日射に相当する熱量を試験体に照射した状態で室内への侵入熱量を測定するというものであるが、その条件(温度や照射熱量等)は依頼者との打ち合わせで決定しており、測定ごとにまちまちであった。しかし、これらの工法

が普及してくるにつれ、さまざまな工法を統一的に比較検討するためにも、その評価法の規格化が必要不可欠となってきた。このため、これまで当試験所で行ってきた試験方法を基にして、新たに団体規格として整備・制定することとした。

3. 規格の内容

(1) 規格表題

規格表題は、「建築用構成材の遮熱性能試験方法」としている。開口部ではなく屋根や外壁の性能として「遮熱性能」というのは未だ一般的とはいえないが、通常の「断熱性能」と区別するため、また夏季の日射に対する性能を評価するという意味からあえてこのような規格表題とした。

(2) 適用範囲

本規格は、屋根及び外壁などの不透明な建築用構成材が夏季の日射及び温度条件に暴露された場合の遮熱性能試験方法について規定する。本規格の適用範囲は、木造のみとし鉄骨造のような金属熱橋を含まないものとした。また、当初は、試験体通過熱量の測定精度を勘案し試験体の熱抵抗に上限値を設けていたが、特に制限を設ける必要はないという意見があり適用範囲から除外した。

なお、本規格では、後述するように室内外の表面熱伝達率を定数として与えて熱貫流率及び日射侵入率を求めている。これは、本試験方法によって試験体の表面熱伝達率を直接評価することができないことを意味する。このため、内外装材、特に外装材の表面熱伝達率を変化させることで遮熱性能や断熱性能に変化を与えるような製品の評価は困難であるということを明記した。表面熱伝達率を変化させる手法としては、表面の形状を変えることで対流成分を変化させる、表面の放射率を変えることで放射性分を変化させることなどが考えられるが、これらの技術を用いた製品を本試験方法により適切に評

価することは困難である。

(3)用語及び定義

本規格では、屋根もしくは外壁が夏季の条件を想定した日射量に相当する熱量を受け、かつ内外温度差条件に暴露された場合の遮熱性能として、以下に示す2項目を定義している。

①熱貫流率

室内外表面温度差を試験体の外気側から室内側への単位面積当たりの通過熱量で除したものに室内外の表面熱伝達抵抗を加えたものの逆数。(1)式で定義する。

$$U = \frac{1}{R_{se} + R + R_{si}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{se}} + R + \frac{1}{h_{si}}} \quad (1)$$

ここに、 U ：熱貫流率[W/(m²·K)]

R ：試験体の熱抵抗(m²·K/W)

R_{se} ：外気側表面熱伝達抵抗(m²·K/W)

R_{si} ：室内側表面熱伝達抵抗(m²·K/W)

h_{se} ：外気側表面熱伝達率[W/(m²·K)]

h_{si} ：室内側表面熱伝達率[W/(m²·K)]

熱貫流率とは、部材の断熱性能を表す物性値で、建物の温熱環境や熱負荷などを検討する際に重要な項目である。部材の熱貫流率は、JIS A 1420(建築用構成材の断熱性能試験方法—校正熱箱法及び保護熱箱法)等で測定できるが、通常、冬季の温度環境、かつ日射のない条件での値が基本であり、温度、熱量が一定の定常状態での値である。冬季の場合、日射の当たらない北側の外壁などはある程度定常状態といえる。一方、本規格で規定する熱貫流率は、あくまでも夏季の温度環境、かつ日射のある条件での値である。また、その日射量も夏季の南中時の最大日射量を想定しており、一時的な条件がずっと続くという仮定での測定である。つまり、本規格で得られる熱貫流率は、夏季日中における「ピークカット」的な性能を示すものであり、通常用いられている熱貫流率とは異なる。

②日射侵入率

試験体の熱貫流率に試験体外表面の日射吸収率を掛け、外気側表面熱伝達率で除したもの。(2)式で定義する。

$$\eta = \frac{\alpha_s \cdot U}{h_{se}} \quad (2)$$

ここに、 η ：日射侵入率(-)

α_s ：日射吸収率(-)

U ：熱貫流率[W/(m²·K)]

h_{se} ：外気側表面熱伝達率[W/(m²·K)]

日射侵入率とは、部材の日射遮へい性能を表す物性値で、日射熱取得率とも呼ばれる。日射侵入率は、部材に入射する日射熱量のうち室内に流入する熱量の比であり、(3)式で表すこともできる。

$$\eta = \frac{q_{sp}}{J} \quad (3)$$

ここに、 η ：日射侵入率(-)

q_{sp} ：単位面積当たりの試験体通過熱量(W/m²)

J ：日射量(W/m²)

従って、人工光源から試験体表面への照射熱量を正確に計測できれば、日射侵入率も直接測定できる。このため、当初は試験体への照射熱量の測定をSAT計によって行う案を検討した。この測定方法について議論が行われたが、表面熱伝達率の不確定性、環境温度の不正確さなど様々な問題を解決できず、本規格に含めることは断念した。日射侵入率は外装材表面の日射吸収率と表面熱伝達率から算出することとしたが、表面の日射吸収率は別途JIS K 5602(塗膜の日射反射率の求め方)に従って測定を行う必要がある。この測定方法は、塗膜の日射反射率測定方法であり、測定には積分球付きの分光光度計が必要となるが、比較的精度よく測定ができるものである。ただし、表面の凹凸が大きなものは測定に際して注意が必要である。

(4)試験体

試験体は、評価を行う実際の屋根もしくは外壁と同様の構造を持つものとし、試験体幅は柱・間柱を含まない一般部の間隔が500mm以上のものを原則としている。当初は、試験体幅を柱・間柱間隔の455mm(芯—芯)としていたが、熱量測定に用いる熱流計の寸法が最大で300mm×300mm程度のものであること、試験体中央部で一次元熱流を試験の前提としていること等から幅は500mm以上とした。試験体の高さは、可能な限り実際の屋根あるいは外壁の仕様と同様とするが、人工光源や試験装置の大きさ等を勘案し2000mm以上とすることが望ましいとした。また、試験体の厚さは150mm以下を原則とするが、これを超える場合は、厚さの3倍以上を目安として試験体一般部



写真1 人工光源

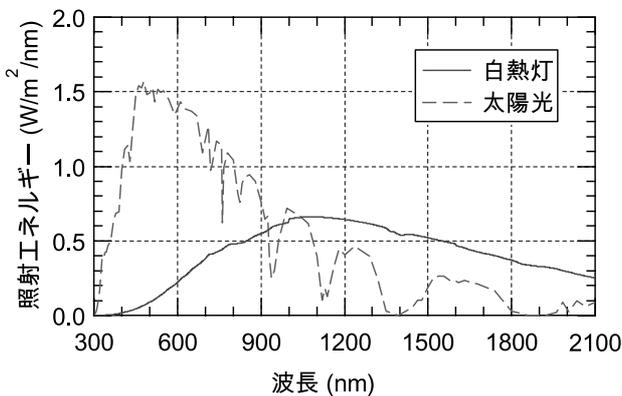


図1 太陽光と人工光源のスペクトル分布 (例)

の幅を適宜広くすることで対応が可能である。

(5) 試験装置

①人工光源

人工光源は、赤外線ランプ、メタルハライドランプ等の日射量に相当する照射熱量を再現できるものとする。光源の照射熱量は試験体表面の中心部分で約 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 、試験体外気側表面各部の照射量分布は $\pm 15\%$ 以内とする。

人工光源のスペクトル分布は太陽光のそれに近いほうが望ましいのは当然であるが、価格等の面から赤外線ランプやハロゲンランプ、メタルハライドランプ等が用いられることが多い(写真1)。特に赤外線ランプやハロゲンランプといった比較的低価格の光源の波長特性は、太陽光とはかなり異なる(図1)。このため、外装材表面の分光吸収率(分光反射率)によっては、太陽光と人工光源とで異なる結果が生じる。これがどの程度の違いであるのかは、現在のところ詳細に検討はされてい

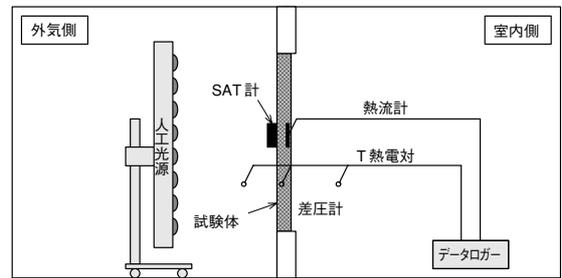


図2 試験装置 (通気層のない試験体の場合)

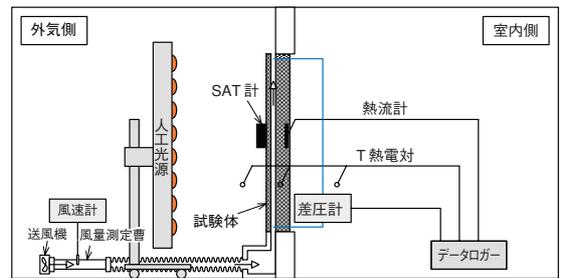


図3 試験装置 (通気層のある試験体で換気回数を制御する場合)

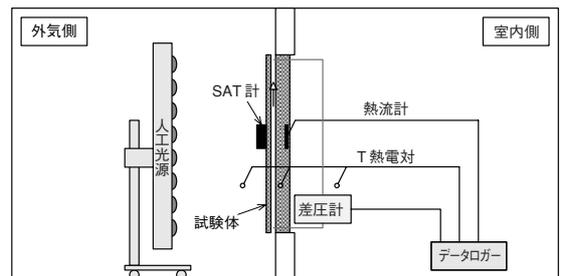


図4 試験装置 (通気層のある試験体で換気回数を制御しない場合)

い。

②人工気候室

室内外の温度を再現できるもので、図2～図4に示す2室の構造をもつものとする。室内外の相対湿度は成り行きとするが、試験体内部で結露を生じない相対湿度とする。

③SAT計

SAT計は、照射熱量の設定に用いるもので、放射率が既知の表面を持つものとする。通常は、表面に艶消し黒色の塗装を施し、その日射吸収率及び放射率は0.95程度とする。

SATとは、Sol-Air Temperatureの略称で、相当外気温度と

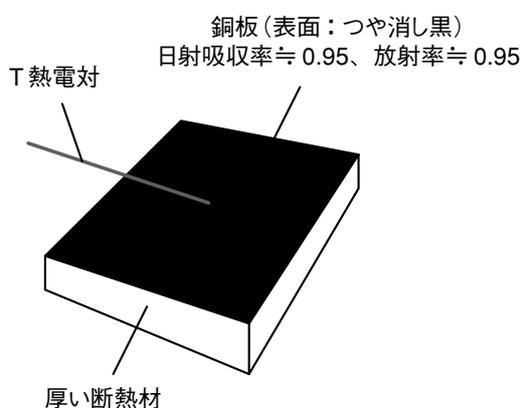


図5 SAT計の概要

表1 試験条件

通気層条件		照射条件	温度設定	照射量設定
		なし	A0	B0
あり	通気量設定	A1	B1	
	成り行き	A2	B2	

表2 試験条件(表面温度設定条件)

部材	表面温度	外気側空気温度	室内側空気温度
外壁	60℃	40℃	26℃
屋根	75℃		

も呼ばれる。SATは、外気温に日射や長波放射の影響を温度として加味した仮想の空気温度であり、(4)式で定義される。

$$SAT = \theta_a + \frac{\alpha_s}{h_{se}} J + \frac{\epsilon_s}{h_{se}} J_n \quad (4)$$

ここに、SAT：相当外気温度(℃)

θ_a ：外気温(℃)

α_s ：日射吸収率(-)

J ：日射量(W/m²)

ϵ_s ：放射率(-)

J_n ：長波放射量(W/m²)

h_{se} ：外気側表面熱伝達率[W/(m²·K)]

SAT計は、図5に示すように、厚い断熱材の表面に日射反射率、放射率共に0.95程度の塗装が施された銅板が貼付されたものである。銅板の中央部には熱電対が埋設されており、この熱電対により計測した温度が相当外気温度となる。本規格では、SAT計を試験体外気側表面と同じ位置に設置し、光源の照射熱量を調整するために用いる。SAT計の詳細については、JSTM J 6110(SAT計による建築周壁の放射空気温度測定方法)を参照頂きたい。

④熱流計

熱流計は、0.01W/m²以下の分解能を持ち、不確かさは±0.05W/m²以下とする。

⑤温度測定器

温度測定は、熱電対による測定を原則とし、JIS Z 8704(温度測定方法-電気的方法)に規定するD級以上の精度を持つもの

とする。熱電対は、T熱電対で直径が0.2mm以下のものとする。表面温度を測定する場合、熱電対は接着剤または粘着テープで表面に取り付けるが、その表面は可能な限り試験体表面の日射吸収率と同程度の仕上げとする。

空気温度を測定する場合、熱電対が光源からの照射熱量の影響を受けると考えられるときは、熱電対の周囲をアルミ箔などの低放射率材料で覆い、熱電対への光源からの照射熱量の影響を可能な限り小さくする。このとき、覆いによって熱電対周囲の気流状態が極端に変化しないように留意する必要がある。

⑥風量測定器

風量測定器は、通気層内に一定の風量の通気を与えるためのもので、風量測定管及び風速計からなり、0.5L/minまでの風量が測定できるものとする。また試験に先立ち、JIS A 2201(送風機による住宅等の気密性能試験方法)に従い、風量測定器取り付けチャンバー内外の圧力差を測定して通気層の有効開口面積を測定する。

(6) 試験手順

①試験条件の選定

試験条件は、表1に示す試験条件から1ないし複数選定する。ただし、高日射反射率塗料などの特定の波長の光を反射する性質をもつものを外表面に使用した試験体では表面温度設定条件を選定する。

なお、試験条件のうち、最も重要なのが試験体の表面温度である。照射量設定条件は黒色のSAT計を用いて温度を設定することとしたため、表面温度設定条件よりも5℃高い条件として、表面温度設定条件と照射量設定条件とで設定を変えた。

②表面温度設定条件

試験体表面に設置した熱電対により、各部位ごとに表2に示

表3 試験条件(照射熱量設定条件)

部材	SAT温度	外気側空気温度	室内側空気温度
外壁	65℃	40℃	26℃
屋根	80℃		

表4 通気層条件

部材	通気層内風速
外壁	0.1 m/s, 0.2 m/s, 0.3 m/s
屋根	0.1 m/s, 0.2 m/s, 0.3 m/s, 0.5 m/s

す温度で一定になるように光源の出力を調節する。この条件では、外装材表面の反射特性の違いによる差は生じない。

③照射量設定条件

試験体設置位置とお暗示位置に設置したSAT計を用いて、表3に示す温度で一定になるように光源の照射量を設定する。この条件においては、外装材表面の反射特性の違いによる差が生じるが、この差は実際の建物における差とは異なる。

④試験体の設置

試験体を図2～図4に示すように人工気候室の界壁に垂直に設置する。屋根に関しても同様に垂直に設置する。試験体周囲は断熱材により塞ぎ、人工気候室の外気側チャンバーと室内側チャンバーを区切る。このとき、断熱材等の試験対象部以外はアルミニウム箔のような低放射率材料で覆い、人工光源の照射熱量の影響を小さくする。

また、複数の試験体を同時に測定する場合は、試験体同士は断熱材によって100mm以上の間隔をあける。

⑤通気層がある場合

通気層がある場合、図3に示すように風量測定器を取り付け、あらかじめ通気層の有効開口面積を測定する。有効開口面積は、JIS A 2201に準じて測定する。遮熱性能試験においては、表4に示す風速設定条件をもとに試験中一定の通気量を供給する。なお、通気層内の風速は(5)式で求める。

$$v = \frac{Q}{3600A_v} \quad (5)$$

ここに、 v ：通気層中央部の風速 (m/s)

Q ：通気層通気量 (m³/h)

A_v ：通気層中央部の断面積 (m²)

当初は通気層の有効開口面積の測定までは規格に含めていなかったが、通気層は工法の中でも重要な部分であり、その有効開口面積は通気層を評価する上で貴重な指標であるという意見があり、JIS A 2201を引用して測定を行うこととした。JIS A 2201は住宅の気密性能を測定する方法であるが、基本的な測定方法、有効開口面積の算出方法は通気層にも適用できるため、この規格を引用している。

また、遮熱を意図した工法では、放射熱の抑制だけではなく通気による排熱効果を併用したものが多い。このため、試験において通気層の扱いをどうするか議論が行われた。試験はあくまでも試験であり、試験体は実建物をそのまま再現できるものではないという原則から、通気層の通気量は試験中ある一定量に制御する方法を原則とした。しかし、試験方法に汎用性を持たせるために通気量を制御せずに成り行きで行う試験方法も加えたが、この場合、通気層の出入り口には実際の建物と同じ換気部材を取り付けることとし、過剰な評価とにならないよう配慮した。

⑥温度測定及び熱量測定

温度測定は、試験体の中心部の断面方向に各層の境界で行う。また、通気層がある試験体では、通気層の入口及び出口の空気温度も測定する。

外気側の空気温度は、外気側チャンバーの吸い込み口付近で測定する。このとき光源からの照射熱量の影響をなるべく受けないように留意する必要がある。

熱流計は、内装材の外気側表面に内装材に密着するように(空隙が生じないように)取り付ける。

⑦照射

室内外チャンバーを設定温度にし、各部の温度が安定した後、照射を開始する。照射開始後試験体各部の温度が安定した後、各部の温度、熱流計出力及び風量測定器の出力を5～10分間隔で1時間以上測定する。

(7) 結果の算出

①熱貫流率

熱流計を用いて測定した貫流熱量と試験体内外表面温度差を用いて、式(6)により試験体の熱抵抗を算出する。

$$R = \frac{T_{se} - T_{si}}{q_{sp}} \quad (6)$$

表5 内外表面熱伝達率

位置	項目	総合熱伝達率
外気側		13.5 W/m ² · K
室内側		7.7 W/m ² · K

ここに、 R ：試験体の熱抵抗 (m² · K/W)

T_{se} ：試験体外気側表面温度 (K)

T_{si} ：試験体室内側表面温度 (K)

q_{sp} ：単位面積当たりの試験体通過熱量 (W/m²)

表5に示す内外表面総合熱伝達率を用いて、(1)式によって熱貫流率を算出する。ただし、外気側表面熱伝達率は原則として表5の値を用いるが、当事者間の協議によって設定してもよい。この場合、計算に用いた総合熱伝達率の値および用いた根拠を報告する。

②日射侵入率

(1)式で求めた熱貫流率と別途測定を行った試験体表面の日射吸収率から、(2)式により日射侵入率を算出する。

(2)式における試験体表面の日射吸収率 α_s は、JIS K 5602に従って測定する。また、外気側表面熱伝達率 h_{se} は原則として表5の値を用いる。

表面総合熱伝達率は、熱貫流率及び日射侵入率の算出の際

して非常に重要である。表5に示す値は、ISO13791 (Thermal performance of buildings — Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling — General criteria and validation procedures) の規定値を参考に決定したもので、夏季に適用される値である。一方、次世代省エネルギー基準にも日射侵入率が規定されており、その算出根拠となる外気側の総合熱伝達率は25W/(m² · K) が用いられている。このため、同じ熱貫流率を持つ壁では本規格によって算出した場合と次世代省エネルギー基準によって算出した場合とで日射侵入率に倍程度の差が生じてしまうことになる。このため、計算に用いる総合熱伝達率は、表5の値を原則とするが、それ以外の値を用いることも可能な記述としている。

4. おわりに

2011年5月に制定したJSTM J 6112について、その内容を紹介した。現規格では、例えば部材表面での熱伝達を制御することで遮熱性能を期待する部材などを適切に評価できないといった懸案事項もあるが、今後、本規格が有効に活用され、部材の遮熱性能を測定する一助となれば幸いである。

(文責：環境グループ 田坂太一)

● 品質性能試験のご案内 ●

▶ 環境系試験

居住環境の快適性や健康安全性、外部風雨環境に対する防水性や耐風強度性、建築設備や機器関係の通気特性、そして音環境の4分野について性能試験を行っています。

- 住環境
- 部位・部材・湿気性能
- 材料の熱・湿気性能
- 材料の熱
- 湿気機能
- 部位・部材の空気性能
- 材料の室内環境汚染物質放散・吸着
- 化学分析
- 日射・光学的特性
- 部位・部材の耐風雨性能
- 建築設備
- 防災機器
- 音環境



外装材の温冷繰返し耐久性試験



動風圧試験装置

お問い合わせ：中央試験所環境グループ TEL 048-935-1994