

# 建築材料の透湿抵抗の測定 (カップ法)

藤本 哲夫\*

## 1. はじめに

建築における環境の分野で、過去、主に問題となっていたのが熱的な問題であった。もちろん現在でも問題である事に変わりはないのだが、今から十数年前までの「省エネルギー」を目的とした産官学共同の啓蒙により断熱材、保温材が広く一般に使われるようになったのは周知の事である。ところが、ここで熱的な環境が整備されるに従って新たな問題がクローズアップされるようになった。それが結露である。それまでも結露の問題は当然の事ながら色々と研究されていたが、一般人達までもが「結露」を普通の言葉として認知するようになったのは、このころ以降ではなかったかと記憶している。湿気の問題は熱の問題に比較して非常に扱いにくい。熱の問題は、理論的にはほとんど完成されていると言っても過言ではなく、建築の分野でも熱の問題だけを取り上げるならばかなりの精度でシミュレーションが可能である。ところが、これに湿気が加わると話は非常に複雑になる。現在でも盛んに研究されている熱湿気同時移動問題がこれである。この熱湿気同時移動問題の研究により現在では、湿気も含んだ室内環境、結露のシミュレーションがかなりの精度で可能となってきた。

ここで、必要となるのが計算に用いる物性値で

ある。熱物性値は比較的測定の歴史も古く、文献も相当数有るが、湿気に関する物性値は熱物性値に比べると非常に少ない。そのため、湿気に関する物性値の要求が高い事も事実である。

湿気に関する物性値と言っても様々な種類があるが、今回紹介するのは「透湿抵抗」の測定方法についてである。この測定方法は湿気関係の測定の中でも比較的歴史が古く、文献もかなり揃っている。いわば古典的な測定方法とも言えるものである。

現在行われている透湿抵抗の測定方法は、大きく分けて2つの測定法がある。ボックス法とカップ法である。ボックス法は比較的精度が良く、透湿抵抗が小さな材料（湿気を通し易い材料）の測定に適しているが、測定装置はかなり複雑であり、それに伴い測定自体もやや難しい。ボックス法に対してカップ法は、測定が非常に容易であるが、その反面精度はボックス法に劣るのは否めない。しかし、測定の簡便さとそれなりの精度から、カップ法は透湿抵抗の測定方法として主流となっている。

本報では、カップ法について解説する。

## 2. 測定方法

まず、透湿抵抗とは何かについて説明する必要

\* (財) 建材試験センター物理試験課

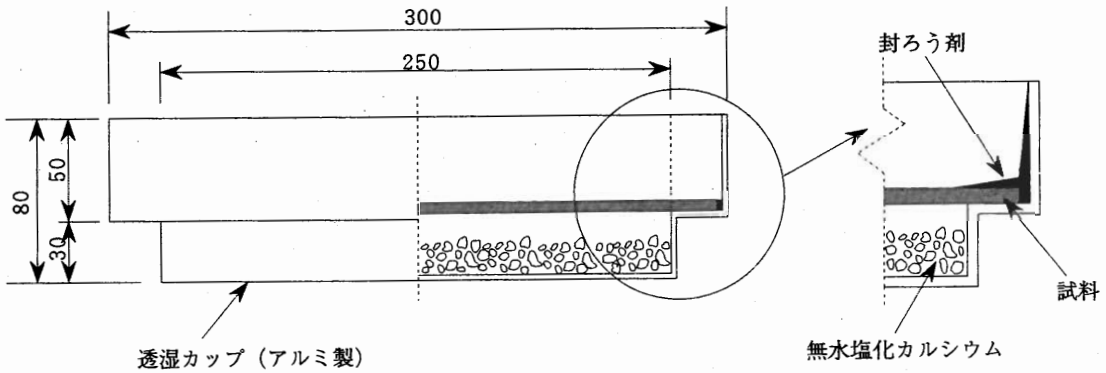


図1 透湿カップ及び試料のセット状態 (単位 : mm)

があろう。透湿抵抗とはその名の通り「湿気が透過するのを遮る抵抗」でありこの抵抗が大きいほど湿気を通しにくいという事になる。この抵抗の大小により定常状態における壁内での結露、表面結露の有無が計算できる。湿気に関する教科書には、必ず登場する定常結露計算を行うために必要不可欠な物性値である。

この透湿抵抗を測定するための1つの方法がカップ法である。日本においてはカップ法はJIS Z 0208 [防湿包装材料の透湿度試験温度 (カップ法)] として昭和28年に制定 (昭和48年改正) されているが、この測定方法の測定対象試料は包装用の防湿を目的としたプラスチックフィルム等であり、試料の寸法も50mmφと非常に小さい。従ってこの方法を建材にそのまま適用するのはほとんど不可能であった。このため建材の透湿抵抗を測定する方法としては米国の規格ASTM E-96 (Standard Test Methods for WATER VAPOR TRANSMISSION OF MATERIALS)を基に測定を行うことが多い。

この規格には、一定の湿度条件を作り出すために乾燥剤を用いる場合 (ドライカップ法: 相対湿度=0%), 水を用いる場合 (ウェットカップ法: 相対湿度=100%) の2つの方法の規程があるが、測定の容易さ、扱い易さからドライカップ法を用い

ることが多い。従って、本稿ではドライカップ法について解説する。

## 2.1 透湿カップ

測定は、図1に示すようなカップに乾燥剤を入れ、試料で蓋をするといった形で行う。この時、試料とカップとの周囲は嚴重にシールをし、周囲から湿気が乾燥剤側に侵入しないようにする。図1に示したカップは一例であるが、寸法は30cm×30cmにこだわらない。試料によってはこれより大きくても小さくてもかまわないが、基本的には厚いものは大きな寸法が必要である。一般的に用いられている建材であれば30cm×30cmで必要十分である。カップの材質としては、比較的軽く、加工が容易で錆にくいということからアルミニウムが用いられる事が多い。

乾燥剤としては通常塩化カルシウムを用いる。試薬として販売されている水分測定用の顆粒状のもの500gが丁度30cm×30cmのカップの容量に見合っている。カップの中にこの塩化カルシウムを入れ、試料で蓋をし周囲を先ずアルミニウムテープでシールする。その後アルミテープの上からパラフィンで封かんする。封かん剤としてはパラフィンの他、これにワックスを混ぜたものや蜜ろうを混ぜたものなどが有るが、基本的には湿気を通さず試料とカップとの馴染みがよいものを選ぶ必要がある。試

## ●試験のみどころおさえどころ

料の周囲を封かんする場合、あらかじめ試料の透湿面積に相当する部分(30cm×30cmのカップの場合25cm×25cm)に線を引いておき、その部分から内側に封かん剤が侵入しないように細心の注意を払う必要がある。

通常この試料を3体用意し、同時に測定してばらつきを見る。特に透湿抵抗が大きく測定が長期(1ヶ月以上)にわたると予想される場合、さらにもう1体用意する。この試料はカップの中で乾燥剤を入れない、いわゆるダミーと言うべきもので、埃などの影響が無視できない場合にバックグラウンド分の測定のために必要である。通常の測定では、この埃の影響などは無視して何等差し支えない。

### 2.2 恒温恒湿槽

2.1で作製した試料を一定の温湿度条件下に静置するわけであるが、この一定の温湿度条件を作り出す恒温恒湿槽が当然必要となってくる。恒温恒湿槽は現在はかなり精度の良いものがあり、比較的容易に希望の温湿度が得られる。測定の性格上、測定途中で温湿度が変化することは非常に好ましくない事であるので、そのためにも温度は $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度は $\pm 3\%$ の精度は必要である。当然この恒温恒湿槽内の温湿度を測定しておく必要がある。ただし、湿度を精度良く測定できる装置(センサー)はあまりないため、ある程度モニター的な扱い方にならざるを得ない部分がある事は否めない。

### 2.3 測定条件

ドライカップ法の場合、カップ内の相対湿度は近似的に0%と考えてしまうが、精密に言えば当然カップ内の相対湿度が0%という状態は有り得ない。通常の測定では試料となる建築材料の透湿抵抗が大きいので、試料表面の湿気伝達抵抗を無視しているに過ぎない。従って、透湿抵抗の小さな材料の測定では、当然湿気伝達抵抗は無視できなくなる。このため、湿気伝達抵抗を無視できないような透湿抵抗の小さな材料の測定では、湿気伝達抵

抗をキャンセルするような測定を行うか、はじめから測定をあきらめるかのいずれかを選択しなければならない。幸い、我々の扱う建築材料は比較的透湿抵抗の大きなものが多く、通常の測定では湿気伝達抵抗を無視しても差し支えない場合が多い。どの程度まで無視できるかの、きちんとした規程はないが、試料両面の湿気伝達抵抗の和が材料の透湿抵抗の5%以下であれば問題はないと考えている。

カップ周囲の温湿度条件は、恒温恒湿槽を用いて自由に決める事が可能であり、ASTMでも何種類かの条件が決められている。建築材料に限った場合、実際の住環境とかけ離れた条件を選ぶ必要はなく、通常 $23^{\circ}\text{C}$ 、50%という条件を選んでいる。この条件は湿圧を比べると $20^{\circ}\text{C}$ 、60%とほぼ等しく、日本での標準的な温湿度を考えると、この $20^{\circ}\text{C}$ 、60%の方が受け入れられ易いかも知れない。

しかし、相対湿度が変われば、試料の平衡含水率が変化するように、透湿抵抗も変化するという指摘もあり条件の選択は慎重に行う必要がある。ちなみに、ドイツの規格DINでは、ドライカップ法とウェットカップ法の両方で測定を行い、その平均をもって試料の透湿抵抗を求める事になっている。

### 2.4 測定

2.1で作製した試料を2.2の恒温恒湿槽に入れ定期的に試料の重量を測定しその重量変化(=透湿量)を測定するのが、このカップ法の原理である。当然透湿抵抗は時間の関数でもあるため正確な時間での測定が必要となってくるが、通常の建材は透湿抵抗が比較的大きいため1日に1回ないし2回の測定で必要十分である。このため時間はそれほど神経質になる必要はない。少なくとも数分間のズレは許容されよう。

測定は、このように重量変化を測定するのみであるが、建材は吸湿性があるものが多いため、測

定開始当初は透湿ではなく吸湿による重量変化の可能性が大きい。このため、重量変化を時間との関係で図示し、重量変化と時間との関係が直線的になっているところを見いだす必要がある。従って、ある程度長期にわたる測定が必要となってくる。つまり、早めに測定を終わってしまうと吸湿による重量変化のみで透湿抵抗を算出してしまいう事にもなりかねない。この辺はほとんど経験的なものとなってしまいが、長めに測定を行えばまずまちがいはないと考えて良いかと思う。

## 2.4 計算

重量変化と時間の関係が直線的になっている部分が見いだせれば測定は終了である。そこで、透湿抵抗の計算となる。計算では重量変化と時間の関係をどうやってみるかが最も重要なポイントとなる。物理試験法などでは隣りあうデータ同士を入れ替えながら計算していくといった手法があるが、現在のようにコンピュータが発達した世の中では統計処理が非常に簡単に出来るアプリケーションが数多く出回っている。これらの便利なソフトを使わない手はない。つまり、重量変化と時間との直線な関係、つまり単位時間あたりの透湿量を求めるだけであれば、表計算ソフト等にある最小自乗法を用いて求めるのが早くしかも正確である。しかし、この時どの範囲のデータを直線とみなすかは問題であり、注意も必要である。

こうして求めた単位時間あたりの透湿量をカップ内部の水蒸気圧 (= 0mmHg) と恒温恒湿槽内の水蒸気圧 (例えば20°C, 60%であれば8.81mmHg) の差 (この場合8.81mmHg) で除し、さらに透湿面積 (30cm×30cmのカップでは0.25m×0.25m) で除したものが透湿係数である。透湿抵抗はこの逆数である。

透湿係数を単位厚さあたり (1mあたり) に換算

したのが透湿率である。これらの用語は非常に紛らわしく、やや混同しがちなので注意が必要である。これらをまとめると以下ようになる。

$$\text{透湿抵抗} = \text{m}^2 \cdot \text{mmHg} \cdot \text{h} / \text{g}$$

$$\text{透湿係数} = \text{g} / \text{m}^2 \cdot \text{mmHg} \cdot \text{h}$$

$$\text{透湿率} = \text{g} / \text{m} \cdot \text{mmHg} \cdot \text{h}$$

現在では、単位の国際化により上記の単位も [m<sup>2</sup>・Pa・s/ng] (透湿抵抗) のように改正されてきている。長年馴染んできたmmHgに決別するのは寂しい限りではあるが、時代の趨勢は仕方がない。従って、これまでと新単位とでは、同じものでも桁が違ってくるため注意が必要である。

## 3. おわりに

透湿抵抗の測定方法の中で最もポピュラーであるドライカップ法について述べた。実際の測定においては様々なノウハウがある事はいずれの測定でも同じ事であるが、特に湿気関係の測定では各測定者の工夫が占める部分が大いと思う。こういった意味でも、この測定方法の早期の規格化が望まれていた。ASTMという非常に優れた規格があるのは周知であるが、日本のJIS規格として整備される事が急務であった。このため、現在透湿抵抗測定方法のJIS化が建材試験センターを事務局として精力的に進められている (JIS原案作成委員会: 委員長土屋喬雄東洋大学教授)。従って、近々JISとして制定される予定である。建材試験センターで過去20年にわたって測定してきた透湿抵抗の測定方法に関するノウハウに基づき原案が作成され、各界有識者の意見を参考にした規格となる予定である。

●試験のみどころおさえどころ

コード番号	3	3	0	2	0	3
-------	---	---	---	---	---	---

表

1. 試験の名称	建築材料の透湿抵抗測定	
2. 試験の目的	建築材料の透湿抵抗を測定する。	
3. 試験体	(1) 種類：建築材料，ただし，原則的にはボード状のもので，透湿抵抗が比較的大きなもの	
	(2) 寸法：300×300mm，厚さ50mm以下	
	(3) 数量：3	
4. 試験方法	概 要	試料両面の湿圧差による透湿量を測定し，抵抗を算出する。
	準 拠 規 格	ASTM E-96 (Standard Test Methods for WATER VAPOR TRANSMISSION OF MATERIALS)
	試験装置及び測定装置	(1) 透湿カップ (3) 電子天秤 (2) 恒温恒湿槽
	試 験 時 條 件	基本的には，23℃，50% RH又は，20℃，60% RH，ただしこれ以外の条件でも可
	試験方法の詳細	(1) 無水塩化カルシウムを入れた透湿カップに試料をセットする。 (2) 試料とカップとの隙間を封ろう剤でシールする。 (3) 試料を一定の温湿度条件に保った恒温恒湿槽内に静置する。 (4) 定期的に試料の重量を測定する。
5. 評価方法	準 拠 規 格	-
	判 定 基 準	-
6. 結果の表示	透湿抵抗，透湿係数，透湿率	
7. 特記事項	-	
8. 備考	-	