

U.D.C 691.328.4

# 外断熱工法における通気層の水蒸気排出性状に関する実験研究

三好 達也\* 中村 聡\* 内田健一朗\*\*

**要約:** 通気層のある外断熱工法では、通気層が冬季における室内から屋外へ向かう湿流による結露防止等、水蒸気を外部へ排出する経路になっている。ただし、通気層の厚さや上下通気口の形状によっては、水蒸気が良好に排出されない場合が考えられる。そこで、通気層の形状に伴う水蒸気排出性状の違いを実験により検証し、水蒸気を有効に排出する通気層の形状について検討する。実験の結果、高さ 3640 mmの外壁では、通気層厚さが 40 mm、通気口開口率が 50%を下回ると水蒸気排出性能が著しく低下することが確認された。また、通気層上下開口の有無による水蒸気排出性能は、上部開口無しの場合には著しく低下する。以上より、水蒸気排出性能を著しく低下させないためには、通気層厚さ 40 mm、通気口開口率 50%以上を確保することが望ましい。また、上下の通気口はどちらも必要ではあるが、特に上部通気口を確保することが重要である。

**キーワード:** 外断熱工法, 通気層, 水蒸気, 結露

**目次:** 1.はじめに  
2.実験概要

3.測定結果  
4.まとめ

## 1. はじめに

外断熱工法は密着型湿式工法と通気層型乾式工法に大きく分けることができる<sup>1)</sup>。どちらの工法においても断熱性能の確保と共に、水蒸気に対する配慮が重要であり、気象条件などにより発生する恐れのある壁体内外部結露を防ぐため、壁体内の水蒸気を外部に放出する手段の有効性を確認する必要がある。

ここでは、当社が開発した通気層型乾式外断熱工法を取り上げ、通気層の形状に伴う水蒸気排出性状の違いを実験により検証し、水蒸気排出の観点から最低限確保すべき通気層形状について検討する。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験装置

図1、図2に実験装置の概要と詳細を示す。実験装置および上下通気口の寸法は図1に示す通りである。通気層厚さは外装材取付用たて胴縁の高さ40mmを標準とした。断熱材は50mmのグラスウール(32K)を使用し、外装材は、通気層内部の状況を確認できるように、透明な亚克力板を使用した。計測位置は図1に示す9点で、温湿度計(T&D製RS-12)を用いて、通気層内温湿度を2分間隔で計測した。実験は当社技術研究所の人工気象室にて行った。

### 2.2 実験方法

実験は内部結露の危険性の高い冬期(東京近郊)を想定

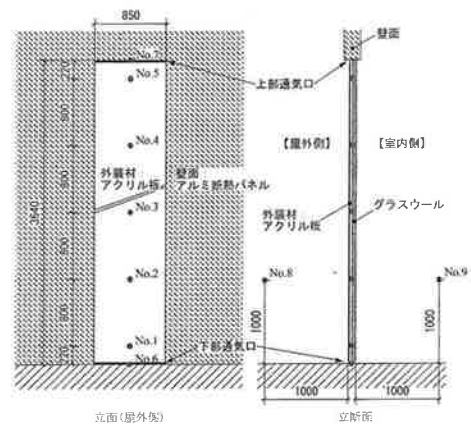


図1 試験装置概略

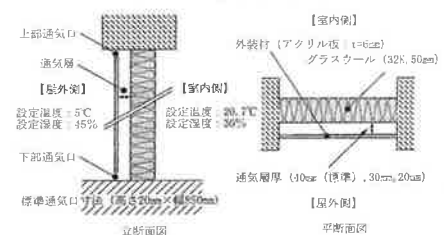


図2 試験装置詳細

し、室内温湿度は 22.0°C70%RH、屋外温湿度は文献<sup>2)</sup>を参考に 5.0°C45%RHと仮定した。なお、実験を行うにあたり、短時間で定常に近い状態にするため、コンクリート躯体を省略した。

表 1 に実験パラメータの詳細を示す。実験での温湿度設定は、コンクリート躯体 (厚さ 200 mm) とガラスウール (厚さ 50 mm) 界面の温湿度を、仮定した室内外温湿度条件をもとに定常計算し、界面における温湿度計算値 20.7°C30%RH を室内側の温湿度(以後室内温湿度)に設定した。屋外側は仮定した屋外温湿度設定と変わらず、5.0°C45%RH と設定した。通気層厚さは、40 mm から、30 mm、20 mm と変化させた。上下通気口の開口率は、防虫・防鳥対策を想定し、図 3 に示すようなメッシュ材を使用し、テープを格子状に貼ることで開口率を調整した。実験手順は、上下通気口を塞いだ状態で通気層内部の温湿度を安定させ、その後、上下通気口を開放し、通気層内の温湿度が定常となるまで計測を行う。以上の手順を各実験パラメータについて行い、経時的な変化及び定常値を比較する。

### 3. 測定結果

#### 3.1 通気層内部水蒸気排出状況

標準とした通気層厚さ(40 mm)、及び上下通気口開口率(100%)における通気層内水蒸気圧の経時変化を図 4 に示す。図中、縦軸は水蒸気圧を、横軸は上下通気口開放からの経過時間を示している。通気層内の水蒸気圧は、通気口開放直後から低下し、通気口開放から約 20 分後には屋外の水蒸気圧とほぼ同じ値で安定している。

図 5 に、通気口開放前後の通気層内高さ方向の水蒸気圧分布を示す。図中、縦軸は床からの高さを、横軸は水蒸気圧を示している。通気口開放前における通気層内の水蒸気圧は、室内の水蒸気圧と同程度となっている。通気口開放後、床からの 1820 mm 以下の高さにおける水蒸気圧は、屋外の水蒸気圧とほぼ同じ値になっている。床からの高さ 1820 mm 以上の高さにおける水蒸気圧は、屋外の水蒸気圧に比べて若干高くなっているが、上部通気口付近では屋外の水蒸気圧とほぼ同じ値に低下している。

ここで、通気層内の気流を確認するため、上部通気口及び下部通気口付近の屋外側で煙を発生させ、その挙動を目視にて確認した。下部通気口付近で煙を発生させると、煙は通気口から通気層内部に吸込まれ、通気層内を通り上部通気口から排出された。上部通気口付近で煙を発生させると、ごく少量の煙が通気層内に入っていくが、上昇気流に押し戻されて上部通気口から排出された。このとき、下部通気口からは排出されなかった。

以上の結果より、推測される通気層による水蒸気排出のメカニズムを図 6 及び下記に示す。

- ① 通気口を開放することにより、通気層内に浮力による上昇気流が発生する。
- ② 上昇気流により、下部通気口から外気が流入し、上部通気口から通気層内の空気が排出される。
- ③ 上部通気口からの空気の排出に伴い、上部通気口からも外気が通気層内に流入するものの、通気層

内の上昇気流により押し戻される。

上部通気口付近の水蒸気圧が低くなっているのは、③の理由によるものと考えられる。また、図 5 より、床から 2600 mm の高さにおける水蒸気圧が高くなっているが、これは本試験において、図 6 に示したような空気の激む高さが床から 2600 mm 付近であるためと考えられる。

#### 3.2 通気層厚さによる水蒸気排出性状の変化

図 7 は、通気層厚さを 40 mm、30 mm、20 mm と変えたと

表 1 実験パラメータ

周辺環境状況	温度 (°C)	相対湿度 (%)	水蒸気圧 (Pa)
室内側	20.7	30.0	721
屋外側	5.0	45.0	408
通気層厚さ	40mm (標準), 30mm, 20mm		
通気口面積に対する上下通気口開口率	100% (標準), 50%, 33%, 16% (防虫・防鳥対策により開口率が減じることを仮定)		



図 3 通気口防虫・防鳥用メッシュ

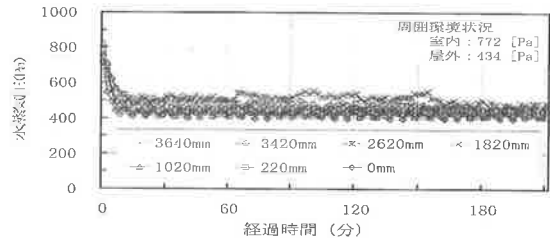


図 4 通気層内水蒸気圧の経時変化

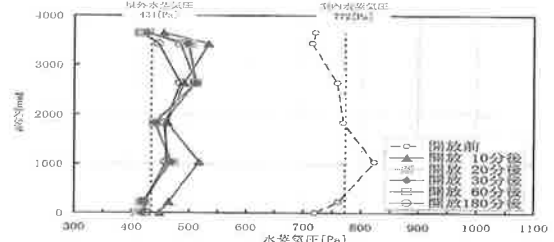


図 5 通気層内水蒸気圧分布

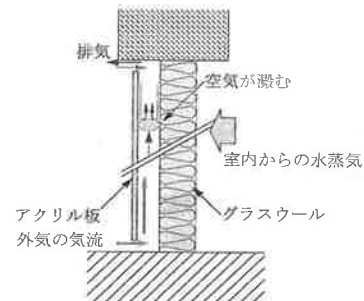


図 6 水蒸気排出のメカニズム

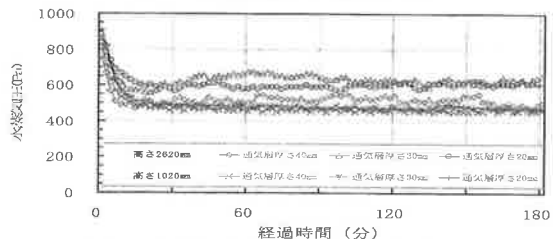


図 7 通気層内水蒸気圧の経時変化

きの、床から 1020 mm(通気層下部)と 2620 mm(通気層上部)の高さにおける通気層内水蒸気圧の経時変化を示したものである。通気層下部における水蒸気圧は、通気層厚さに関わらず、20 分程度で 500Pa 付近に安定しているが、通気層上部における水蒸気圧は、通気層厚さ 40 mmは 30 分程度で 500Pa 付近に、通気層厚さ 30 mmと 20 mmは 600Pa 付近に安定する。

ここで、通気層厚さによる高さ方向の水蒸気圧分布状況を比較するため、以下の式で表される無次元数 $f_0$ を用いる。

$$f_0 = (f_x - f_{out}) / (f_{in} - f_{out}) \quad (1)$$

$f_{in}$ :室内の水蒸気圧 [Pa]     $f_{out}$ :屋外の水蒸気圧 [Pa]  
 $f_x$ :通気層内の水蒸気圧 [Pa]     $f_0$ :水蒸気圧比 [-]

$f_0$ は室内と屋外の水蒸気圧差に対する通気層内と屋外の水蒸気圧差の比である。 $f_0=0$  のとき通気層内と屋外の水蒸気圧が等しく室内側からの水蒸気を 100%排出することを意味し、 $f_0=1$  のとき通気層内と室内の水蒸気圧が等しく水蒸気を全く排出しないことを意味する。

図 8 は、通気層内高さ方向の $f_0$ の分布を通気層厚さ別に示したものである(通気口開口率 100%)。いずれの通気層厚さにおいても、床から 2620 mmの高さにおける $f_0$ が最大となっており、床から 0~1820 mmの高さにおける $f_0$ は 0 に近い値となっている。また、各通気層厚さにおける $f_0$ の最大値(床から 2620 mmの高さの $f_0$ )を比較すると、通気層厚さ 40 mmの場合は 0.15 であるのに対し、通気層厚さ 30 mmでは 0.56、通気層厚さ 20 mmでは 0.66 となっており、通気層厚さを 40 mmから 30 mmに変えたときの $f_0$ の変化量(0.41)は、通気層厚さを 30 mmから 20 mmに変えたときの $f_0$ の変化量(0.10)のおよそ 4 倍になっている。このことから、通気層厚さ 40 mmから 30 mmの間で、水蒸気排出能力が著しく低下し、床から 2620 mmの高さの水蒸気圧が上昇する。これは、通気層厚さが狭くなることで、通気流路の抵抗が大きくなり、通気風量が減少するためと考えられる。

### 3.3 上下通気口開口率による水蒸気排出性状の変化

図 9 は、通気層厚さを 40 mmとし、上下通気口開口率を 100%、50%、33%、16%と変化させたときの、通気層内水蒸気圧の経時変化を示している。図 9 の(a)は床から 2620 mmの高さ(通気層上部)を、(b)は床から 1020 mmの高さ(通気層下部)を示したものである。通気層上部における水蒸気圧は、開口率 100%の場合は 20 分程度で安定し、開口率 50%、33%、16%の場合は 30 分程度で安定する。また、開口率 100%と 50%は約 550Pa 付近で安定し、開口率 33%と 16%は約 700Pa 付近で安定している。通気層下部では、開口率 100%、50%、33%の場合、20 分程度で約 500Pa 付近に安定するのにに対し、開口率 16%の場合、10 分程度で約 650Pa 付近に安定する。

図 10 は、通気層内高さ方向の $f_0$ の分布を上下通気口の開口率別に示したものである(通気層厚さ 40 mm)。開口率 100%の場合、高さ 1820 mmまでは $f_0$ が 0.1 以下であるのに対し、開口率 16%の場合は、高さ 1020 mmで $f_0$ が 0.5 を越えており、開口率の低下に伴い通気層下部にまで水蒸気が溜まっていることが確認できる。また、各開口率における $f_0$ の最大値を比較すると、開口率を 100%から 50%にすると $f_0$ は約 0.21 上昇し、開口率を 50%から 33%にすると $f_0$ は開口率 50%のときに比べ約 0.43 上昇しており、開口率を 100%から 50%に変えたときの $f_0$ の変化量は、開口率 50%から 33%に変えたときの $f_0$ の変化量の約 2 倍となっている。このことから、通気口開口率が 50%から 33%の間で、水蒸気排出能力が著しく低下し、通気層下部にいたるまで水蒸気圧が上昇する。これは、通気口開口率の減少に伴い通気風量が減少し、また下部からの風速も減少するため、空気の澱む高さも下がり、通気層下部における水蒸気圧も上昇すると考えられる。

### 3.4 上下通気口の有無による水蒸気排出性状の変化

通気層厚さを 40 mm、通気口開口率を 100%とし、上下通気口を開放した場合、上部通気口のみを開放した場合、下部通気口のみを開放した場合における通気層内水

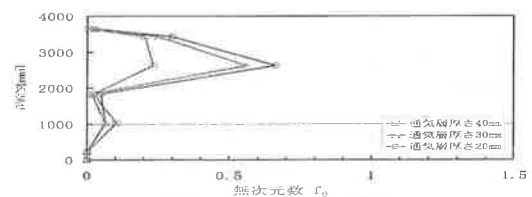
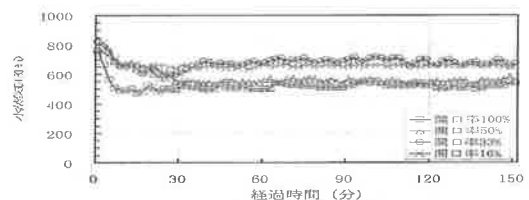
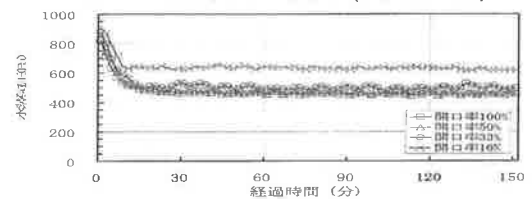


図 8 通気層内 $f_0$ 分布



(a) 通気層高さ 2620 mm(通気層上部)



(b) 通気層高さ 1020 mm(通気層下部)

図 9 通気層内水蒸気圧の経時変化

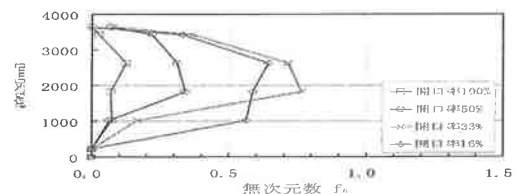


図 10 通気層内 $f_0$ 分布

蒸気圧の経時変化を図 11 に示す。なお、(a)は床から 3420mm の高さ(通気層上部)の測定結果を、(b)は床から 1020 mmの高さ(通気層下部)の測定結果を示している。通気層上部では、上下通気口を開放した場合と、上部通気口のみを開放した場合は、ほぼ同じ変化をしながら水蒸気圧が低下し、20 分程度で約 450Pa に安定しており、下部通気口のみを開放した場合は、水蒸気圧の低下は殆ど見られない。通気層下部では、上下通気口を開放した場合と下部通気口のみを開放した場合は、20 分程度で約 450Pa 付近で安定しており、上部通気口のみ開放した場合、30 分程度で約 550Pa 付近で安定している。

図 12 は、同様な通気口状況における通気層高さ方向の  $f_0$ 分布を示したものである。上下通気口を開放した場合に比べ、上部通気口のみを開放した場合、通気層下部の  $f_0$ は約 0.3 上昇し、下部通気口のみを開放した場合、通気層上部の  $f_0$ は約 0.6 上昇している。これにより、通気口を片側開放とした場合、開放した通気口から離れた位置の  $f_0$ が上昇し、特に下部通気口のみを開放した場合の通気層上部における  $f_0$ の上昇は大きい。

#### 4. まとめ

本実験で得られた結果を以下にまとめる。

- ・通気層厚さを狭めると、高さ 1800 mm以上の水蒸気圧比が高くなり、特に厚さ 40 mmと 30 mmの違いが大きく、厚さ 30 mmと 20 mmの違いの 4 倍となる。
- ・通気口開口率の減少に伴い、水蒸気排出能力は低下し、特に開口率 50%以下の低下が大きい。また、通気層内

#### 参考文献

- 1) 北海道外断熱建築協議会：外断熱工法ハンドブック - 2003 年度版 - ,pp.32-37,2003 年 1 月
- 2) 結露防止ガイドブック編集委員会：結露防止ガイドブック,pp.32,財団法人 住宅・建築 省エネルギー機構,1992 年 6 月

## THE EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE VAPOR DISCHARGE CHARACTERISTICS OF THE VENTILATION LAYER IN OUTSIDE INSULATION METHOD.

T.Miyoshi, S.Nakamura and K.Uchida

In the outside insulation method with the ventilation layer, the ventilation layer is the route for exhausting steam flows from room to outside in winter. However, the case where steam is not excellently exhausted is thought according to the thickness of the ventilation layer and shape at the upper and lower ventilation entrance. Then, the difference of the steam exhaust performance according to the shape of the ventilation layer is verified by the experiment, and the shape of the ventilation layer where steam is effectively exhausted is examined. As a result of the experiment, when the ventilation layer thickness fell below 40mm and the ventilation entrance aperture rate fell below 50%, it was confirmed that the steam exhaust performance decreased remarkably in the outside wall of 3640mm in height. It was confirmed that securing the ventilation route by the upper and lower ventilation entrance was needed, and securing the part ventilation entrance on was especially important. Therefore, it is preferable to secure the ventilation layer thickness by 40mm and ventilation entrance aperture rate 50% or more so as not to decrease the steam exhaust performance remarkably. Both of upper and lower vent hole are also necessary. Especially, upper ventilation entrance is needed.

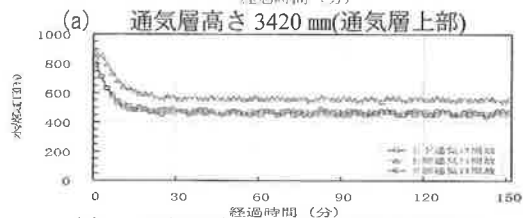
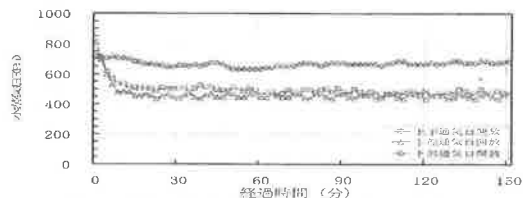


図 11 通気層内水蒸気圧の経時変化

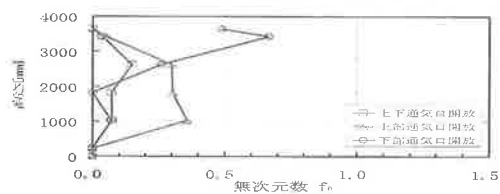


図 12 通気層内  $f_0$ 分布

下部の水蒸気圧も高くなる。

- ・水蒸気排出能力は、下部開口の開閉状況に比べ上部開口の開閉状況の方が大きく影響する。

以上より、本実験条件下で、水蒸気排出性能の観点から最低限確保すべき通気層形状は、通気層厚さ 40 mm以上、上下通気口開口率 50%以上となる。また、上下の通気口のうち上部通気口の確保が重要である。