

アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究
(その5 既存仕上げ層と新しい仕上げ層を複合した場合の透湿性の評価)

○本橋健司¹⁾ 渡辺敬三²⁾ 近藤照夫³⁾
渡辺博司⁴⁾ 矢野瑞穂⁵⁾

1. はじめに

本改修工法（GNスパー・ピネット工法）では、既存仕上げ層の上に、当該外壁改修工法の層があり、更にその上に新しい仕上げ層が形成されることになる。このような場合に予想される問題の一つに、外壁の透湿性の問題がある。例えば、外壁に防水性能を期待できるような外壁防水材や防水形仕上塗材を使用した場合、室内の水蒸気が外壁を透過しにくくなり、結露を生じたり、表面仕上材にふくれが発生する可能性が指摘されている。このような現象は特に寒冷地で問題とされており、仕上塗材の製造業者はこのような問題に対処するため透湿性を考慮した仕上塗材を開発している。

壁体の透湿性に係わる問題を根本的に解消するためには換気や内装仕上げの検討を含めた壁体全体としての改善が必要であり、単に外装の表面仕上材のみの選択によって解決するとは考えにくい。しかし、本改修工法では、透湿性の低い仕上材が二重に施工される可能性があり、このような既存仕上げと新規仕上げの組み合わせを透湿性の面から評価しておくことは設計資料を供給するという観点から重要である。

本研究では、特に仕上塗材の組み合わせに限って、透湿性がどのように変化するかを、実大レベルの壁体を用いた実験を含めて検討した。

2. 実験方法

2.1 実験の種類

試験体の規模が異なる以下に示す3種類の実験を行った。

①カップ法による仕上塗材層及びその組み合わせの透湿

度測定

②ALCブロックに仕上塗材及びその組み合わせを施工した場合の吸放湿量の測定

③仕上塗材及びその組み合わせを施工した実大のALC壁体を用いた結露試験

2.2 試験体の作製

カップ法ではろ紙（5B、直径150mm）、その他の実験ではALCを素地とした。素地の上にセメント系下地調整材（JIS A 6916適合品）を塗付し、その上に各種仕上塗材を塗付した。また、仕上塗材を組合わせた試験体の作製では、既に仕上塗材を施した試験体の上に、プライマー、フィラー及びネットを本改修工法の仕様にしたがって施工し、更に、新しい仕上塗材を塗付した。各工程の塗付方法・塗付量は材料製造業者の仕様に準拠した。試験体は、室内で、施工後30日以上養生した。試験体の種類及び試験体の種類と実験との組み合わせを表1及び表2に示す。

2.3 試験方法

2.3.1 カップ法による透湿度の測定

カップ法による透湿度の測定は、JIS K 5400（塗料の一般試験方法）及びASTM E96 "Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials"に準拠した（以後、前者をJIS法、後者をASTM法と呼ぶ）。測定温度はいずれも25℃とし、JIS法では、無水塩化カルシウムが入ったカップを湿度90%の恒温恒湿槽に静置し、ASTM法では蒸留水の入ったカップを無水塩化カルシウム入りのデシゲータ内に静置し、カップの重量変化から透湿度を算出した。試験体の数はn=3とした。

Study on a new renewal method for external walls by application of net overlaying and anchoring
Part 5. Evaluation of water vapor transmission rate for renewed finishing layers

1)建設省建築研究所、2)昭和女子大学、3)清水建設(株)、4)㈱竹中工務店、5)戸田建設(株)

表1 仕上塗材の組合わせの種類及び試験体番号

No	下地となる仕上材	改修後の新しい仕上塗材
1	素地のみ	
2	素地のみ	当該工法
3	薄塗材E	
4	複層仕上塗材E	
5	防水形複層仕上塗材E	
6	透湿性防水形単層仕上塗材	
7	薄塗材E	当該工法
8	複層仕上塗材E	当該工法
9	防水形複層仕上塗材E	当該工法
10	透湿性防水形単層仕上塗材	当該工法
11	薄塗材E	当該工法 + 薄塗材E
12	薄塗材E	当該工法 + 透湿性防水形単層仕上塗材
13	薄塗材E	当該工法 + 防水形複層仕上塗材E
14	防水形複層仕上塗材E	当該工法 + 薄塗材E
15	防水形複層仕上塗材E	当該工法 + 透湿性防水形単層仕上塗材
16	防水形複層仕上塗材E	当該工法 + 防水形複層仕上塗材E
17	薄塗材E	当該工法 + 外壁塗膜防水材
18	防水形複層仕上塗材E	当該工法 + 外壁塗膜防水材
19	外壁塗膜防水材	
20	外壁塗膜防水材	当該工法 + 外壁塗膜防水材

注) 当該工法 : アンカーピンは実大ALC壁体による結露試験の場合のみ一部使用。
下地となる仕上塗材: 仕上塗材の下地調整としてセメント系下地調整材が施されている。

表2 実験の種類と実験対象とした仕上塗材の組合わせ

実験種類	No																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
カップ法による 透湿度測定	JIS法	○	○	○	○	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ASTM法	○	○	○	○	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ALCブロック試験体の 吸放湿量測定		○	○	○	○	○						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ALC壁体の結露実験		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

2. 3. 2 ALCブロック試験体の吸放湿量の測定

ALCブロック(100×100×100mm、含水率7~9%)を素地とした。その一面は試験面とし、前述したように仕上塗材及びその組合わせを施工した。残りの5面をエポキシ樹脂でシールした。温度20℃湿度90% (硫酸亜鉛飽和溶液で湿度調整) に60日間、その後、湿度20℃、湿度0% (無水塩化カルシウムで湿度調整) に60日間放置し試験体の重量変化を測定した。エポキシ樹脂シール面からの吸放湿量を補正し、単位面積当たりの吸放湿量を求めた。

2. 3. 3 実大ALC壁体による結露試験

ALC(2390×600×100mm)素地に、前述したように仕上塗材及びその組合わせを施工した後、室内に3ヶ月間放置し、試験した。2室を独立して温湿度を制御できる大容量の恒温恒湿室の境界壁に実大サイズのALC試験体を組み込み結露試験を実施した。2室の温湿度設定条件は、定常状態での結露予測計算より求めた。なお、計算に必要なALCや仕上塗材等の熱伝導率及び透

湿抵抗は文献や既存の技術資料を参考にして暫定的な値を採用した。このような試算結果から、薄塗材Eでは結露せず防水形複層仕上塗材で結露が期待できるような条件として外気側(仕上塗材側: 10℃、湿度は制御不可)と室内側(仕上げ無し: 30℃、湿度60%)の温湿度を決定した。試験開始後7日毎にコア採取を行い、ALCの厚さ方向における含水率分布を求めた。結露試験は28日間実施した。ALCの含水率分布は、配筋に当たらないよう7日毎に所定の場所をコア抜きし(n=3、直径5cm)、コアを厚さ2cmにスライスした。スライスしたコアはその場で重量を測定した後、105℃で24時間乾燥後に重量測定した。また、28日間の結露試験が終了した後、仕上層の付着強さを測定した。

3. 結果及び考察

3. 1 カップ法による透湿度の測定結果

図1にJIS法及びASTM法による透湿度測定結果を示す。図から明らかなように両者は同様の傾向を示しており、相関関係が認められる。相関関係を図2に示した。

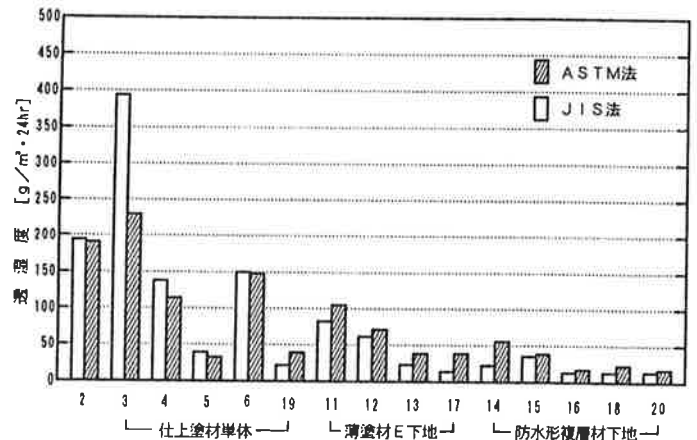


図1 JIS法及びASTM法による透湿度測定結果

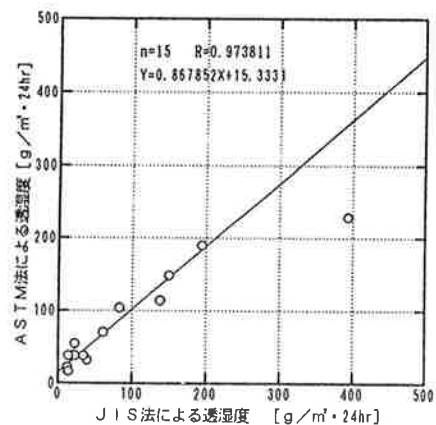


図2 JIS法及びASTM法による透湿度の相関

また、仕上塗材の種類とその組み合わせについて検討すると、薄塗材Eと比較して防水形複層仕上塗材の透湿度は1桁程度高くなっている。また、仕上塗材を下地とし、新しく各種仕上塗材を施工した場合には、仕上塗材単体の場合と比較して透湿度は低くなる。特に、仕上塗材の組み合わせの場合、下地または新しい仕上げの一方が透湿度の低い仕上塗材であれば、他方が透湿度の高い仕上塗材であっても、透湿度の低い仕上塗材に支配されて全体の透湿度は低くなる。しかし、両者ともに透湿度の低い仕上塗材であれば、全体の透湿度は単体の仕上塗材と比較して大きく低下しない。これらの点を定量的に検討すれば以下のようなになる。今回の実験で求めた透湿度 (T) は次のような関係式で透湿抵抗 (R) に変換できる。

$$R_i = \frac{\Delta P \times 24}{T_i} \quad \dots (1)$$

$$R_s = R_1 + \dots + R_i + \dots + R_n \quad \dots (2)$$

ただし、

R_s : 構成材全体の透湿抵抗 (mmHg・m²・hr/g)

R_i : 構成材単体の透湿抵抗 (mmHg・m²・hr/g)

T_i : 構成材単体の透湿度 (g/m²・24hr)

ΔP : 水蒸気圧差 (mmHg)

ΔP は試験条件から、JIS法の場合には18.06mmHg、ASTM法では20.07mmHgであることがわかっているため、(1)式により透湿抵抗が求められる。また、(2)式に示すように、組み合わせられた全体系で透湿抵抗は各構成材料の透湿抵抗の総和として求められることから、各構成材料の透湿抵抗の和を求めることにより仕上塗材を組み合わせた場合の全体としての透湿抵抗を算出できる。

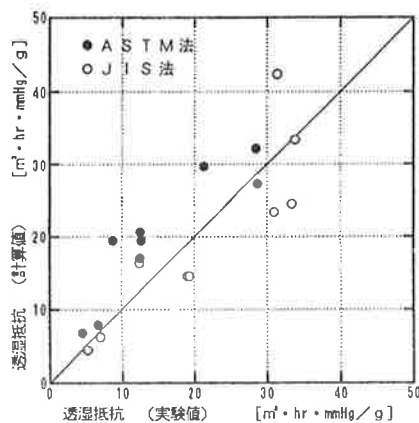


図3 仕上塗材を組み合わせた試験体の透湿抵抗 (実験値と計算値の比較)

図3は組合わされた仕上塗材の透湿抵抗について、仕上塗材単体の値から算出した計算値と実験により求めた実験値を比較した結果である。図3から両者には相関関係が認められる。したがって、塗り重ねる個々の仕上塗材の透湿度が求めれば、それらを組み合わせた場合の透湿度についても計算により求めることが可能である。

3.2 ALCブロック試験体の吸放湿量の測定結果

図4, 5に一部のALCブロック試験体の重量変化を示す。図4は仕上塗材単独、図5は薄塗材Eを下地とした試験体について示している。重量変化は吸湿過程より、放湿過程の方が大きくなっているが、実験条件の差異によるものと考えられる。

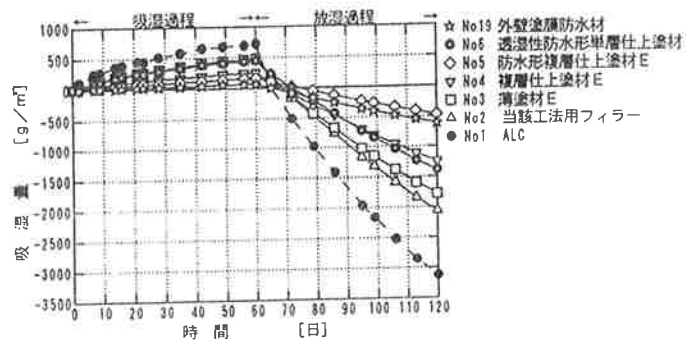


図4 ALCブロック試験体の吸放湿量測定結果 (その1)

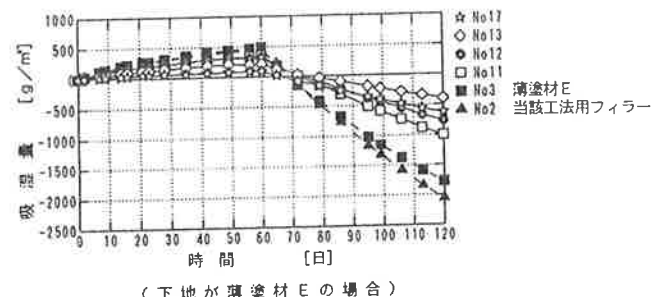


図5 ALCブロック試験体の吸放湿量測定結果 (その2)

各試験体で比較すれば、カップ法で求められた透湿度が小さい試験体ほど吸湿量の増減も小さいことがわかる。カップ法との相関を見るため図6にはALCブロック試験体の放湿過程 (71日目から96日目の重量変化) から算出した透湿度とASTM法により求めた透湿度の関係を示している。

ASTM法では透湿度が高くなっているが、これはASTM法とALCブロック試験体での放湿過程において水蒸気圧差が異なるためと考えられ、両者間には相関関係が認められる。

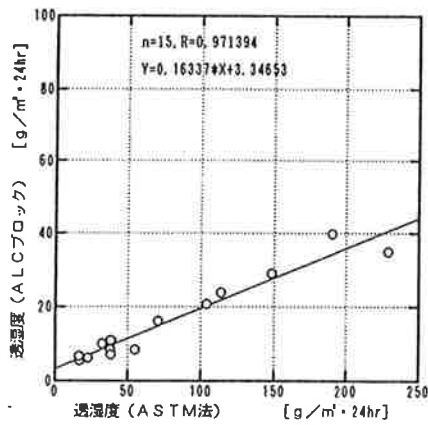


図6 ASTM法及びALCブロック試験体（放湿過程）から算出した透湿度の相関

3.3 実大ALC壁体による結露試験結果

図7はALC壁体の厚さ方向における含水率分布の経時変化を示している。いずれの場合も含水率の変化は28日間で多くても5%程度であった。ALCは仕上塗材施工前に1ヶ月、仕上塗材施工後3ヶ月以上室内に放置しているにもかかわらず、仕上塗材の透湿性の差により、試験開始時から含水率分布に影響を与えている。図7, 8から透湿度の高い仕上塗材と低い仕上塗材の挙動の差異は明確である。即ち、外壁面近傍のALC含水率は透湿度の低い仕上塗材で高く、透湿度の高い仕上塗材で低くなっている。

図8は、試験開始0日目または3日目を基準として、各厚さ（深さ）におけるALCの含水率変化量の経時変化を示している。含水率変化量は多くとも5%程度であるが、透湿度の低い仕上塗材では外壁表面近傍のALC含水率が試験期間中上昇していることが明瞭である。

なお、アンカーピンは金属製であるため熱橋として作用し結露を促進することが考えられるが、実験ではピンがある箇所とピンがない箇所における含水率に有意な差異は認められなかった。

また、結露試験終了後に、仕上塗材の付着強さ試験を行ったが、ALCからの破断がほとんどであった。

4. まとめ

- ①仕上塗材を組合わせた透湿度は単体の仕上塗材の透湿度から推定できる。
- ②ALC壁体を用いた結露試験からは透湿度の低い仕上塗材を施工した場合には、仕上塗材近傍のALC含水率

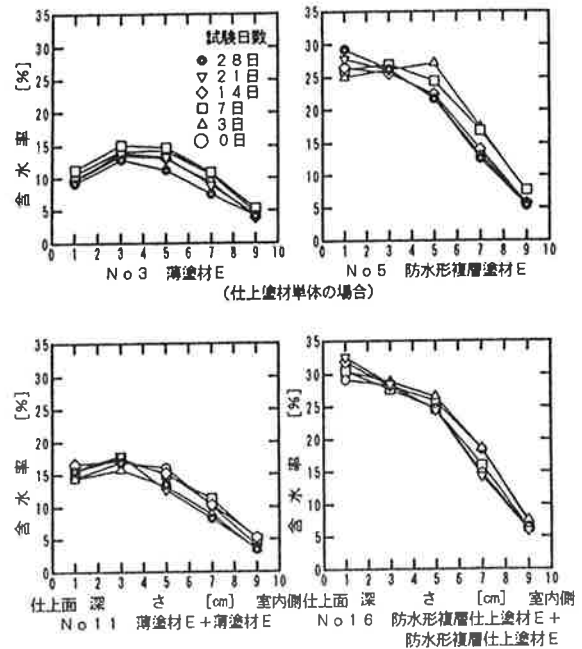


図7 ALC壁体の厚さ方向における含水率分布

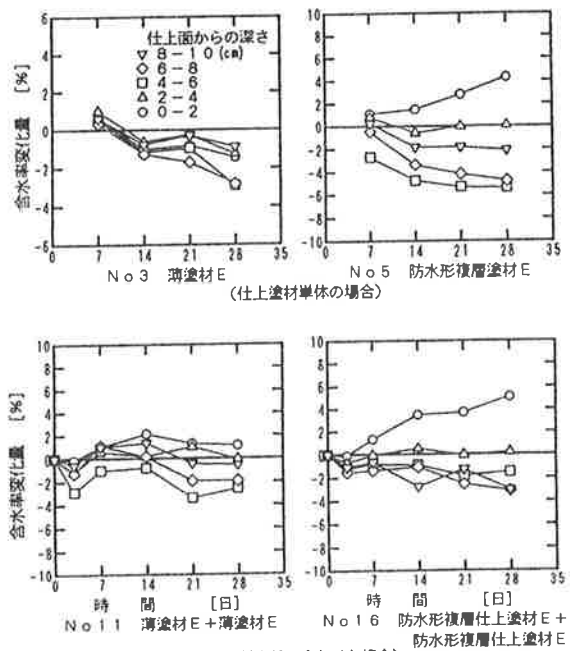


図8 ALC壁体の含水率の経時変化

が結露により上昇することが確認できた。また、仕上塗材の透湿度の違いによりALCの深さ方向の含水率分布パターンが明らかに異なっていた。

（謝辞）本研究は日本建築仕上学会に設置された「複合補修工法研究委員会」の成果の一部をまとめたものである。研究の遂行にあたっては同学会に設置された「複合補修工法運営調整委員会」の助言を受けた。また実験の実施に際しては建設省建築研究所の阿部宏部外研究員の協力、仕上塗材の施工に際しては日本建築仕上材工業会の協力を得た。記して謝意を表します。