

伝統技能で施工される小舞壁を有する土壁の湿気コンダクタンス評価

その1 土壁の透湿性測定法の検討

213-040 北野 健人 (共同研究者 213-065 島部 雅史)

1. 研究背景と目的

昨年度の熱コンダクタンスの測定¹⁾に引き続き、本報では小舞壁を有する土壁の湿気コンダクタンス測定を行う。その1ではJIS A1324でのカップの設計と透湿性測定法の検討を行った。その2では測定結果の考察を行ったので報告する。

2. カップの設計

JIS²⁾規格ではカップ寸法300mm角で、透湿面250mm角であるが、既定精度の重量測定が困難なため、300mm角試験体を四分の一分割(約140mm角)で作成する。試験体のカップへの挿入やシール作業の容易さを考慮し、透湿面積は108mm²、カップ寸法は170mm角、カップ底面を118mm角として設計する。カップ高さは30mmが既定値であるが、カップ内吸湿剤、放湿剤が実験に十分な量を確保する必要がある。測定状況を模擬した数値解析で必要なカップの高さを設計する。解析用試験体は中塗り土³⁾単体とし、厚さ57mmとした。中塗り土の物性値と解析用境界条件を表1に示す。小舞壁を有する試験体は非透湿の竹を含む複合材である。中塗り土単体が定常に至る時間は複合材より長く、透湿量も多くなるので、余裕のあるカップの高さを決定できると考えた。ドライカップ、ウェットカップ共通の大きさと必要吸・放湿剤が投入でき、空気層20mmを確保できるカップの高さを算出した。ドライカップの解析結果を図1に示す。約52日で定常状態となりその透湿量は21.00gとなる。透湿量が吸湿剤の10%を超えた時点で実験終了となるため、必要最低限の吸湿剤の無水塩化カルシウムの量は210gである。カップ内吸湿剤高さは10mmで必要量が入ると判断した。ウェットカップ解析結果を図2に示す。約59日で定常状態となり、透湿量は18.57gである。ウェットカップ内飽和塩水溶液は結晶を残し上澄み液がある過飽和状態で一定湿度を保つ。一定相対湿度の保証される上澄み厚さを調べる実験をおこなった。恒温槽(especIN800)で温度23°C一定とした塩化ナトリウム過飽和溶液の上澄み液と湿度測定結果を表2に示す。上澄み3mm以上で大略一定の湿度調整が可能である。定常時に3mmの上澄みを残すためにカップ投入時の飽和塩の上澄みは7mm必要である。塩化ナトリウム120g、精製水100gの合計220gで過飽和塩溶液カップ内高さは10mmとなる。ドライ、ウェットカップ共通のカップ平面図を図3、断面図を図4に示す。

3. 試験体の平均厚さ算出

複合材の湿気コンダクタンスは単位時間・単位面積当たりカップ透湿量に試験体厚さかけて算出される。試験体は乾燥収縮によって厚さに不陸があるため、寸法測定から算定する試験体体積から平均厚さを求める。図5に示すa~hの位置で垂直方向に測定した試験体厚さをもとに、試験体を図示のように20の四面体に分割し体積を求めた。図6に示す式で求めた体積を透湿面積で除すことで平均厚さを算出した。測定された辺が直交していない場合もあり三平方の定理で推定した辺 i_1i_2 が求め方によって最大2.5%の差が生じた。結果を示していないが誤差を無視しても湿気伝導率の算定値に大きな影響を及ぼさないことを確認した。表3に使用試験体、重量、四面体の体積から求めた平均試料厚さを示す。土壁は工業製品と異なり職人の手作業で施工するため、試験体全てにおいて上端が厚く、下端が薄いといった傾向が見られた。定常に達するまでの時間が大略一致するように、試験体を選定した。定常状態に達する時間のかかるウェットカップ用に薄い下端部材、ドライカップ用に厚い上端部材を選んだ。

4. 恒温恒湿槽内の温湿度分布の確認

カップを設置する恒温恒湿槽(especCRH-220)の温湿度分布を測定した。図7に温湿度計(T&DおんどとりTR-72U)を配置した位置と写真を示す。恒温恒湿槽内を上・下の2段に分け槽内の気流を妨げないように上段にA・B・C、下段にD・E・F位置にカップ透湿面から15mm上部に最大厚さが10mmのセンサーの下端が来るよう配置している。透湿面上部15mm~30mmの間で温湿度を取った。表4に10月19日から10月24日までの約5日間の各測定位置での平均温湿度分布を示す。

表1 解析条件

暴露空気温度[°C]	乾燥空気密度(23°C)[kg/m ³]	暴露空気側湿気伝達率[kg/m ² s Pa]	絶対温度[K]	カップ内空気層厚さ[m]
23	1.19	8.90×10^{-8}	296.15	0.02
暴露空気相対湿度[%]	飽和水蒸気分圧[Pa]	カップ側空気湿気伝達率[kg/m s Pa]	液水の密度(23°C)[kg/m ³]	水蒸気ガス定数[Pam ³ /kg K]
50	2802	1.94×10^{-10}	997.54	461.52
中塗り土湿気伝達率[kg/m s Pa]	中塗り土飽和密度[kg/m ³]	中塗り土最大空隙率[%]		
1.24×10^{-11}	1629	47.48		

表2 上澄み液厚さの検証

上澄み液厚さ	1mm		3mm		5mm		10mm	
23°C75%の時の絶対湿度[kg/kg(DA)]	温度[°C]	湿度[%]	温度[°C]	湿度[%]	温度[°C]	湿度[%]	温度[°C]	湿度[%]
0.0132	23.6	78.0	23.7	71.5	23.6	72.7	23.7	72.1
	絶対湿度[kg/kg(DA)]							
	0.0142	0.0131	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132

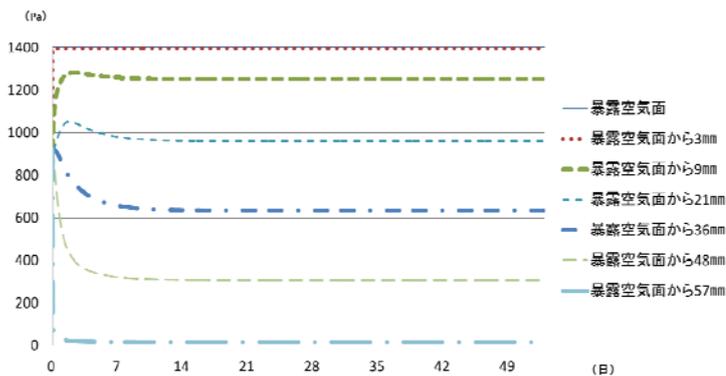


図1 ドライカップ - 壁体内水蒸気圧分布

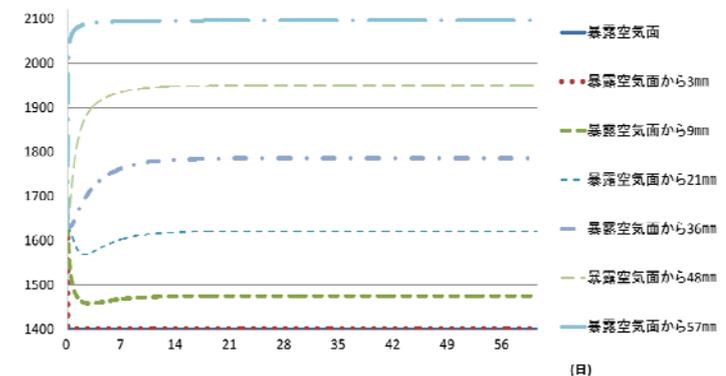


図2 ウェットカップ - 壁体内水蒸気圧分布

表3 試験体重量及び平均厚さ

試験体No.			
ドライカップ	1-1	5-1	6-1
平均厚さ[mm]	54.90	54.26	55.49
重量[g]	1744.41	1646.18	1743.77
ウェットカップ	1-4	5-4	6-4
平均厚さ[mm]	53.97	53.13	54.17
重量[g]	1786.25	1692.67	1720.25

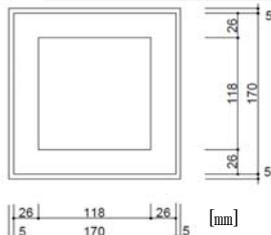


図3.カップ平面図

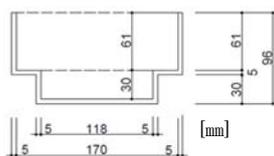


図4.カップ断面図

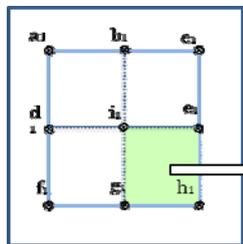
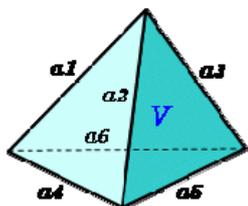
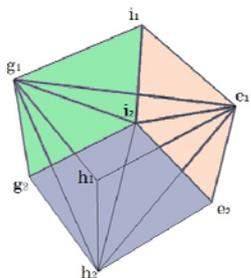


図5 透湿面切り分け



$$V = \frac{1}{144} \sqrt{\begin{pmatrix} a_1^2 \times a_2^2 (a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2 - a_1^2 - a_6^2) \\ + a_2^2 \times a_6^2 (a_1^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2 - a_2^2 - a_6^2) \\ + a_3^2 \times a_4^2 (a_1^2 + a_2^2 + a_5^2 + a_6^2 - a_3^2 - a_4^2) \\ - a_1^2 \times a_2^2 \times a_4^2 - a_2^2 \times a_3^2 \times a_5^2 \\ - a_1^2 \times a_3^2 \times a_6^2 - a_2^2 \times a_5^2 \times a_6^2 \end{pmatrix}}$$

V: 体積[mm³]

a_n: 四面体の辺[mm]

図6 四面体の体積計算法

5. 試験体カップ取り付け

試験体は透湿面を除く面にエポキシ樹脂接着剤を塗布しアルミフイルで断湿した。表3に示す試験体1-1・1-4の不陸が大きく試験体とカップの間にシール剤では防ぎきれない隙間が生じた。この2体の試験体は断湿部分にシール材であるパラフィンを塗り不陸を調整した。

ドライカップに投入した吸湿剤の無水塩化カルシウムは粒径3mm以下のものであり、カップに210gを投入したところ、粒同士間に含まれる空気体積を考慮出来ていなかったため、カップ内空気厚さは9mmしか取れなかった。この空気層厚さの透湿抵抗は中塗り土57mm厚試験体の透湿抵抗の1%以下である。定常状態に達する時間が僅かに長くなることが予想されるが、カップ透湿量から単純に湿気コンダクタンスを算出できる。

6. まとめ

本報では、透湿量測定に用いるカップの設計を行った。試験体は乾燥による収縮と垂直方向の饅仕上げによる中塗り土厚さの分布がある現場施工の複合材料である。湿気コンダクタンス(単一材では湿気伝導率)算出のために体積基準の平均厚さを求めた。

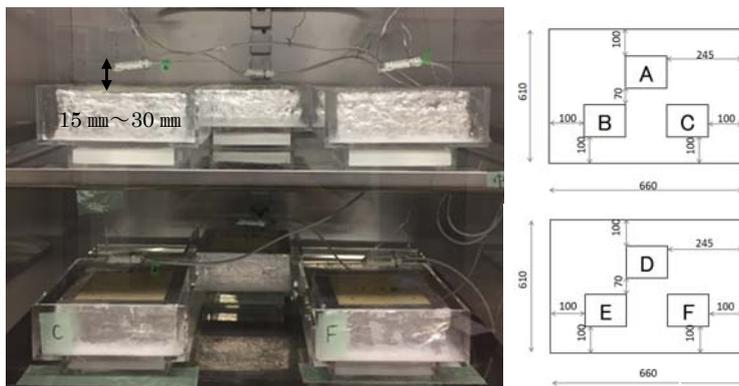


図7 恒温恒湿槽内カップ位置と温湿度測定位置

表4 恒温恒湿槽内の平均温湿度分布状況及び設置箇所

	目標値	A	B	C	D	E	F
試料設置箇所	-	5-1	6-1	1-1	1-4	6-4	5-4
平均温度(°C)	23.0	23.1	22.9	23.0	22.8	22.9	22.9
平均湿度(%)	50.0	48.1	49.6	49.5	48.8	49.5	49.6
絶対湿度(kg/kgDA)	0.0087	0.0084	0.0086	0.0087	0.0084	0.0086	0.0086

参考文献

- 1) 大川, 藤原, 山本: 伝統技能で施工される小舞壁を有する土壁の熱湿気コンダクタンス評価 2015年度大阪工業大学卒業研究
- 2) JIS A 1324-1995 建築材料の透湿性測定方法
- 3) 横林修造, 佐藤真奈美: 日本建築学会環境系論文集 第73巻 第630号 965-969 2008年8月 伝統機能によって施工される材料の熱・湿気特性に関する考察 一兵庫県産左官材料(中塗り土)の評価一

(佐藤研究室)