

繊維強化セメント系パネル廃棄微粉末と天然鉱石粉末を含有した乾式漆喰パネルの
仕上げ状態の違いによる強度・変形抵抗性と空気質改善性

DB20054 江野畑 藍希

1. はじめに

漆喰は日本の伝統的な素材として使用されてきたが、施工者の減少や湿式工事費や材料の高価格化により、湿式工事の需要が低下している。そこで、工場にて漆喰仕上げのパネルとして生産することで施工性やコストパフォーマンスに優れた漆喰壁を普及でき、需要拡大が期待できると考えた。また、使用する左官材の骨材は、ゾノトライト系結晶 (6CaO・6SiO₂・H₂O) とトバモライト系結晶 (5CaO・6SiO₂・5H₂O 等) の廃棄微粉末を主たる構成材料とする。

本研究では、上記により環境に配慮したケイ酸カルシウム系廃棄微粉末を使用した乾式漆喰パネルの開発を目指す。

まずその性能を確認するため、研究 1 で乾式パネルの中塗り仕上げの手塗り、こて仕上げの比較をするために引掻き試験を行い、表面の傷のつきやすさを測定する。次に、引張強度試験機を用いて強度試験を行う。また製造手順を、コンプレッサーによる吹き付けやコテによる手塗りを組み合わせ、それと同時に同色、別色の漆喰の塗り重ねによって変化する色彩を確認する。

研究 2 では、長期使用に向けてプライマーごとの表面付着性と含水変形抵抗性を比較し、降水等による吸水により歪みが生じないかどうかを確認する。次に プライマー効果を考慮して、引掻き試験と引張強度試験を研究 1 と同様に言い、表面強度に違いが出るかどうかを確認する。

研究 3 では、これの中塗り仕上げにおける空気質改善性を評価するための揮発性有機化合物 (VOC) の除去性能比較を行う。また、アンモニアを利用し、室内環境の中でも重要度の高い消臭性能比較を行う。次に調湿試験を行い、湿度の高い空間での除湿性能と湿度の低い空間での加湿性能を検証する。

研究 4 では、磨き仕上げを施した上塗り仕上げ部のみの乾式漆喰パネルの性能確認を行う。試験体自体が既調合漆喰のため、温度変化を与えて VOC が出ないことを確認した後、研究 3 と同じように VOC 吸収試験、消臭試験、調湿試験を行う。

表 1 使用材料

項目	内容
仕上げ材料	専用希釈材料、漆喰(黒, 白, 茶, ベージュ)、顔料
プライマー材料	C3、EU-2020、CU-309
漆喰種類	繊維強化セメント系パネル廃棄部粉末漆喰 (Sz)
下地材料	ケイ酸カルシウム板 (100mm×100mm, 300mm×300mm) (K)
	多孔質セラミックス (100mm×100mm) (EK)
	石膏ボード (100mm×100mm) (G)
試験体配合	ゾノトライト漆喰 (Z 種) : ケイ酸カルシウム 1.35 消石灰 0.2 合成樹脂 1.2 水 1.75 (配分 kg/単位量)

表 2 実験要因と水準

	要因	水準
研究 1	試験体	繊維強化セメント系パネル廃棄部粉末漆喰パネル (SzK)
	仕上げ方法	吹き付け仕上げ、こて仕上げ
	引掻き強さ	0.5kg (0.49N), 1.0kg (0.98N)
研究 2	試験体	繊維強化セメント系パネル廃棄部粉末漆喰パネル (SzK) (5×300×600mm, 6×300×600mm) 各種一枚ずつ
	プライマー種類	C3 (Pa), EC-2020 (Pb), UC-309 (Pc)
	試験体記号	N (塗布なし), P1a (片面 a), P1b (片面 b), P1c (片面 C), PZ (漆喰), PZa (漆喰+片面 a), PZb (漆喰+片面 b), PZc (漆喰+片面 c), P2Za (漆喰+両面 a), P2Zb (漆喰+両面 b), P2Zc (漆喰+両面 c)
研究 3	試験体	多孔質セラミックスパネル (EK)
	仕上げ方法	吹き付け仕上げ、こて仕上げ
	空気質改善効果	VOC 試験, 消臭試験, 調湿試験
	VOC 試験測定時間	0, 2, 12, 24h
	消臭試験測定時間	0, 5, 15m
研究 4	試験体	繊維強化セメント系パネル廃棄部粉末漆喰パネル (SzK)
	仕上げ方法	磨き上げ仕上げ
	VOC, 消臭, 調湿試験測定時間	研究 3 に準ずる
	VOC 発生試験測定時間	0, 2, 4h

表 3 実験方法

	項目	方法
研究 1	比較実験 試験体作製	100mm 角の全ての試験体に吸着有効面積が 8100mm ² となるように裏面、側面、表面の周辺部分にアルミテープを貼る。
	引掻き試験	引掻き試験器を使用し、0.5kg と 1.0kg の荷重による傷をつけその幅や着き方を目視で確認し表面の傷のつきやすさを測定。
	引張強度試験	引張強度試験機を使用し、試験体表面部分の材料の付着強度を計測。
	色彩確認	コンプレッサーを使用し、コテ仕上げと組み合わせると同じ色又は異なる二色の色を重ねることでそのデザイン性が好ましいものを決定し製品化する組み合わせを考案。
研究 2	含水変形試験	データロガーを使用し、試験体の一部分を水につけた際の含水部・境界部・乾燥部の変形を計測する。
研究 3	試験体	多孔質セラミックスパネル (EK)
	繊維強化セメント系パネル廃棄部粉末漆喰パネル (SzK)	
	仕上げ方法	吹き付け仕上げ、こて仕上げ
	空気質改善効果	VOC 試験, 消臭試験, 調湿試験
	VOC 試験測定時間	0, 2, 12, 24h
研究 4	試験体	繊維強化セメント系パネル廃棄部粉末漆喰パネル (SzK)
	仕上げ方法	磨き上げ仕上げ
	VOC 発生試験測定時間	0, 2, 4h

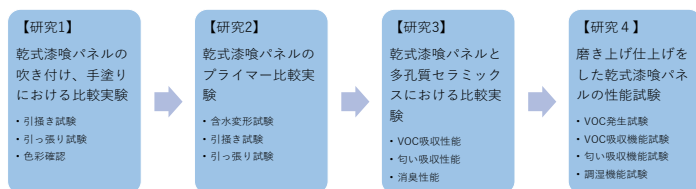
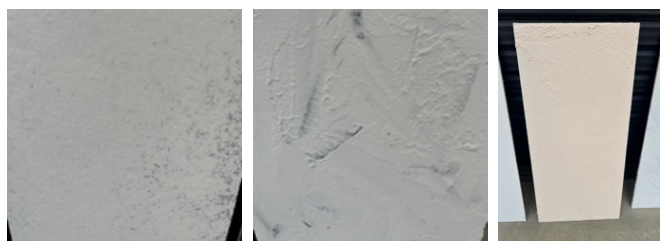


図1 研究の流れ



a) 吹き付け仕上げ b) コテ仕上げ c) パネル全体写真

写真1 乾式漆喰パネル表面(中塗り)の状態写真

2. 研究概要(研究1~4)

図1に研究の流れ、表1に使用材料、表2に実験要因と水準、表3に実験方法を示す。

3. 乾式漆喰パネルの仕上げ(吹き付け、手塗り、プライマー部)表面物性比較試験概要(研究1)

試験体 EK は市販建材会社の壁材パネルを 100mm 角に切断して作製し、試験体 SzK は本研究用に作製したパネルであり、双方を比較した。

3.1 引掻き試験(研究1)

図2 a)に引っ掻き試験の結果を示す。吹き付けよりもコテ仕上げの方がデータにバラツキが見られ、手作業による製品のデメリットが分かる。吹き付けの方はあまり数値にばらつきが見られず安定した製品の提供ができることがわかった。

3.2 漆喰上塗り部の付着試験(研究1)

図3の乾式漆喰パネルの上塗り部分については、プライマーの有無、仕上げ厚さの違いなどにより、その付着強度は大きく変化するといえる。本実験では、日本建築士学会方式の付着試験器を用いて、荷重付着変形長さを測定する。これにより、最大強度と引きはがしまでの変形量を把握した。

3.3 色彩確認試験(研究1)

写真1に色彩確認試験の一部の写真を示す。色の種類は全て合わせて40色ほどあり、その中から使用頻度の高いと考えられる色を4色実験に使用した。中塗りの一度目の色が白の場合は、他のものに比べて比較的多くの種類も組み合わせやすく、色の重なりを見ても良いように思える。全ての作業をコンプレッサーのみで終わらせることができれば作業としては容易であるがこてを手作業で使用した際のデザイン性には優れたものがあるため、それら二つのせめぎ合いを考える必要がある。

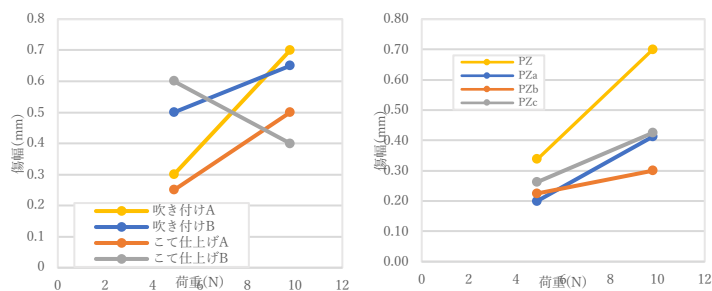


図2 乾式漆喰パネルの引掻き試験結果(研究1,2)

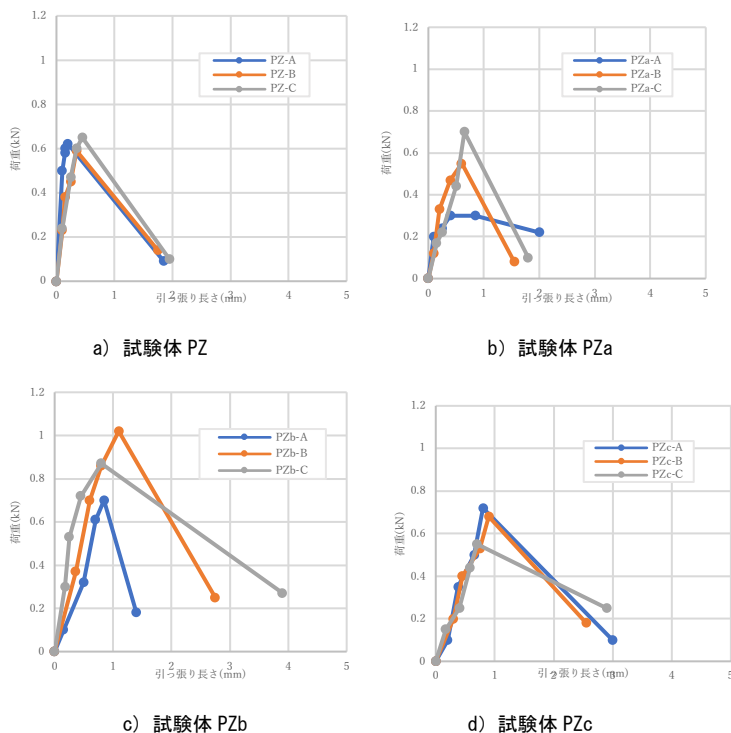


図3 プライマー状態を区別した付着強さ試験結果(研究2)

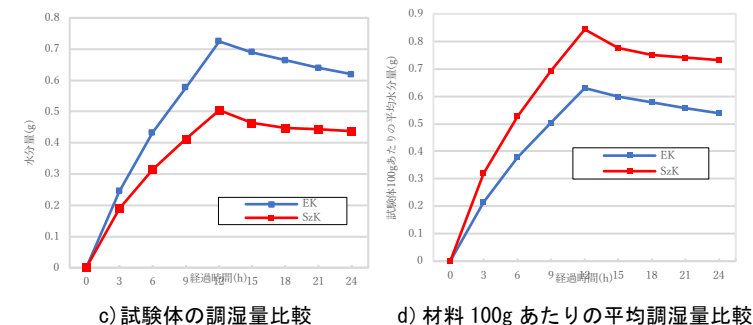
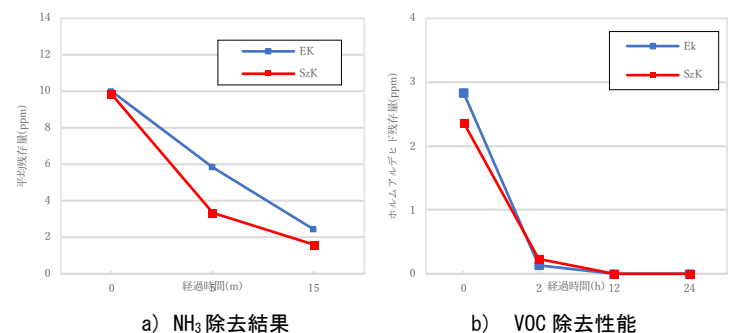
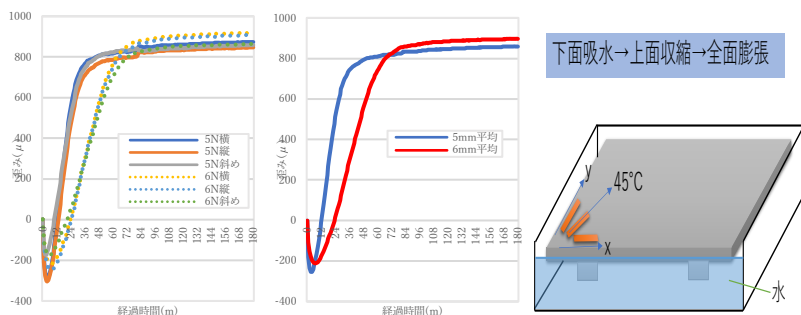
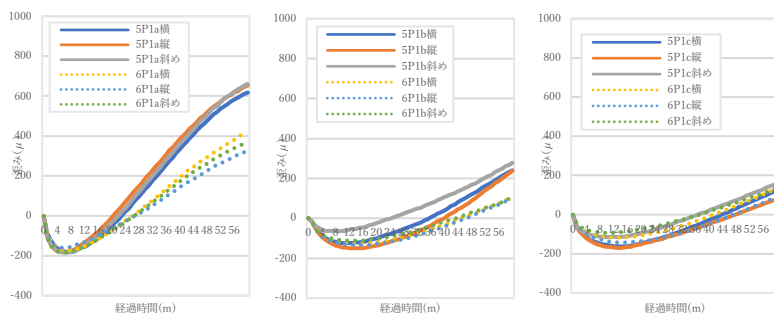


図4 乾式漆喰パネル中塗り仕上げ部の空気質改善効果(研究3)



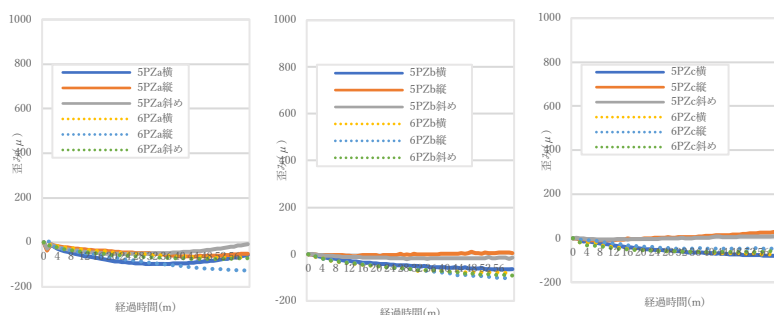
a) ケイカル基本板の厚さ比較 (5mm, 6mm) と計測断面



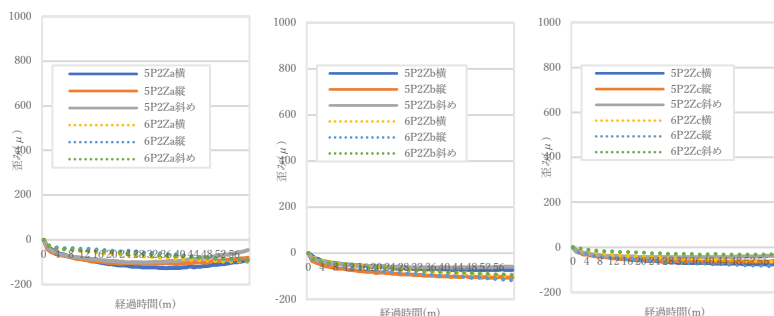
b) プライマー (P1a, P1b, P1c) の比較



c) 漆喰パネル (基本板 PZ) の変形と貼り付け写真



d) 基本板 PZ を用いたプライマー比較 (P2a, P2b, P2c)



e) 基本板 PZ を用いた両面プライマー比較 (P2Za, P2Zb, P2Zc)

図 5 各種プライマーごとの含水変形試験結果

4. 乾式漆喰パネルの各種プライマーを用いた表面物性試験 (研究 1, 2)

4.1 含水変形試験

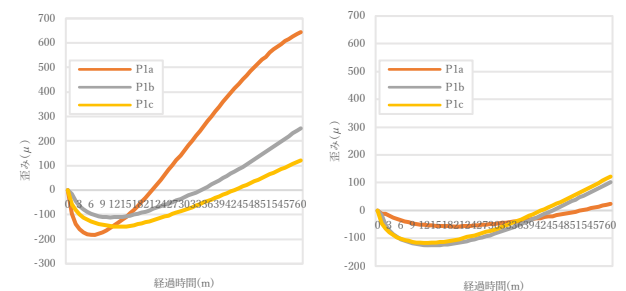
図 5 に含水変形試験評価の結果を示す。試験体 N に比べプライマーを使用した試験体は歪みにくく、歪む速度も遅い。C3 は他のプライマーに比べやや歪みを抑える機能が劣っている。

4.2 引掻き試験

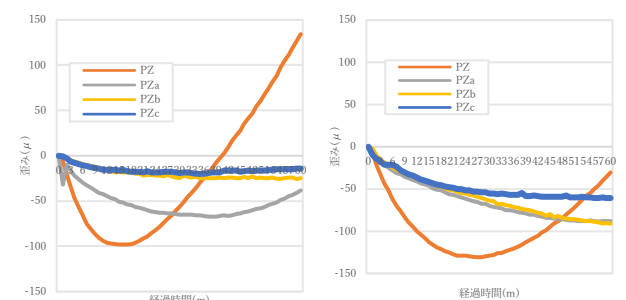
図 2 に乾式漆喰パネル仕上げ表面への引掻き試験の結果を示す。吹付けよりもコテ仕上げの方がデータにばらつきが見られ、吹き付けの方は数値にばらつきなく安定した表面性状の構成になっていることがわかる。吹き付けの方はあまり数値にばらつきが見られずまとまっているため安定した製品の提供ができることがわかる。

4.3 付着強度

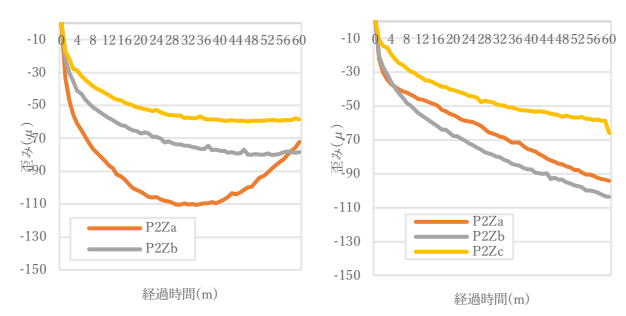
図 3 に付着強度試験の結果を示す。最大荷重にあまり大きな違いはないが、プライマー有の方が強度改善され、またコテ仕上げの方は手作業のため吹き付けより厚塗りになり強度増加が見込まれる。



a) プライマー片面仕上げ (左: 5mm、右: 6mm)



b) 漆喰パネル (左: 5mm、右: 6mm)



c) プライマー両面仕上げ (左: 5mm、右: 6mm)

図 6 厚さを区別した各種プライマーごとの含水変形試験結果

5. 中塗り仕上げ部の空気質改善効果(研究 1, 3)

5.1 臭い除去性能

図 4(a)に消臭試験の結果を示す。5 分経過時の消臭能力に微量な差が出ているため微かに試験体 SzK の方が消臭能力が強く優れているといえるが、15 分経過後の最終的な数値には大きな違いは見られない。臭いの吸収には即効性が求められるため、実際に内装材として使用する場合には大きな性能改善効果に繋がる。

5.2 VOC 除去性能

図 4(b)に VOC 除去性能試験の結果を示す。両試験体ともほとんど違いが見られず、また 12 時間経過後には数値が全ての試験体でゼロになってしまったためどちらも優れているといえる。測定値を平均し比較したグラフを見てみると、初期の値は試験体 Ek の方が僅かに上回っており、2 時間経過後は同じく試験体 Ek が僅かに試験体 SzK の値を下回っているため僅差で試験体 Ek の方が VOC 除去性能が高いといえる。

5.3 調湿性能

図 4(c, d)に調湿試験の結果を示す。試験体 EK の方が水分吸収量が多いが、試験体 100g あたりの平均水分量を見ると試験体 SzK の方が水分吸収量が多いことがわかるため試験体 SzK の方が調湿機能に優れていると言える。また、両方とも水分排出のペースが吸収よりも非常に緩やかなため、湿度のある環境を整える方が適しているといえる。

6. 磨き上げ上塗り仕上げ部の空気質改善効果(研究 2, 4)

6.1 素材からの VOC 発生影響

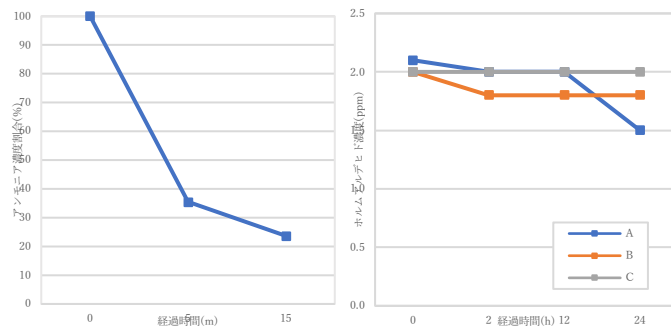
図 7 の試験体及び試験材料からは、5℃～40℃の温度変化を与えても試験体自身からの VOC は発生しないことがわかった。よって、空気質改善効果への素材からの影響は出ない。

6.2 臭い除去性能

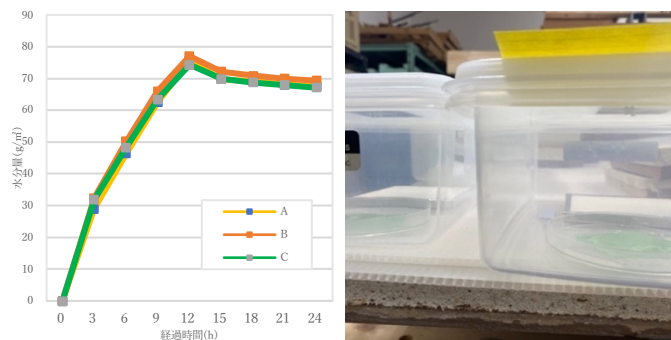
図 7 a)に臭い除去性能試験の結果を示す。磨き上げ仕上げをする前の値と比較すると、性能は劣るものの、早い時間で臭い成分がなくなっていることがわかる。また、最初のアンモニアの濃度に比べると、割合が割ほどに減っていることから、十分に臭いを除去できているといえる。

6.3 VOC 除去性能

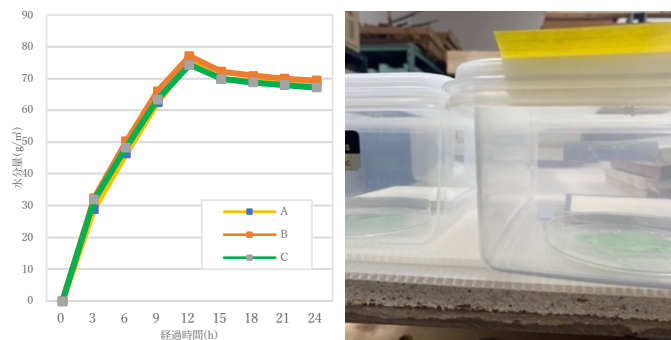
図 7 b)に VOC 除去性能試験の結果を示す。磨き上げを施すことで、その前の状態と比べると VOC 吸収性が悪くなる傾向がある。試験体の中には、24 時間が経過しても、数値が変わらない試験体もあることがわかった。これは、磨き上げを施す試験体は、中塗りの上に施すことになるが、実際の磨き処理により表面のテクスチャーに影響を及ぼす程度のうすい層状になる可能性があることで VOC の吸収性が落ちることがあるといえる。乾式パネルの空気質改善性は、中塗り・上塗りの断面全体での性能として捉える必要がある。



a) NH₃ 除去



b) VOC 除去性能



c) 調湿性能



d) 調湿性能試験様子

図 7 乾式漆喰パネル上塗り仕上げ部(磨き)空気質改善効果

6.4 調湿性能

図 7 c, d)に調湿性能試験の結果を示す。空気中の水分を吸収する機能が非常に高いが、それに比べ乾燥した空气中に水分を排出する量がかかなり少ない。これは高湿度空間に長時間置き、時間的な水分吸収過多があることが原因と推測される。

7. まとめ

- 1) 乾式漆喰パネルを中塗り・上塗りの左官仕上げで製造する方法を具現化した。
- 2) 中塗りは、テクスチャーの良い磨き仕上げの上塗りより空気質改善効果が高く、この組み合わせで製品化が検討可能となる。
- 3) プライマー処理により、含水変形収縮を大きく抑制でき、仕上げ部の付着性も改善され、長期耐用に有効となる。

謝辞

本研究は、2023 年度工学院大学と株式会社ナガショウとの共同研究の成果の一部である。試験体材料を提供頂いたチョダウテ株式会社、関係者各位に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 江野畑藍希、田村雅紀、石澤玲美、草柳隼斗、繊維強化セメント系パネル廃棄微粉末と天然鉱石粉末を含有した乾式漆喰パネルの開発 その 1 仕上げ状態の違いによる強度・変形抵抗性、建築学会関東支部、2024
- 2) 江野畑藍希、田村雅紀、石澤玲美、草柳隼斗、繊維強化セメント系パネル廃棄微粉末と天然鉱石粉末を含有した乾式漆喰パネルの開発 その 2 仕上げ状態の違いによる空気質改善性、建築学会関東支部、2024