

骨材の違いによるセメント系固化物の空隙構造の違いと調湿性能

東京大学 正会員 ○田中 宏行

東京大学 正会員 内村 太郎

1. 目的 住宅壁材料としての土資源利用の可能性

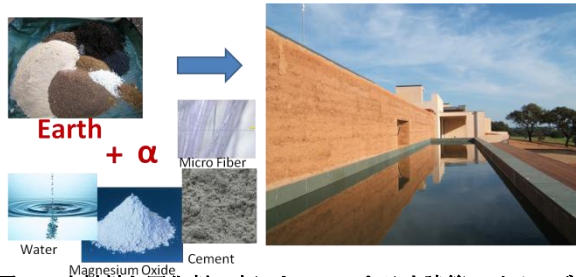


図1 土材料と固化剤、水によってできる土建築のイメージ
 性能を調べることが目的とした。調湿性能の違いの原因となる 2nm～11nm の微細な空隙構造を実験的手法と解析手法を用いて比較することで、コンクリートとセメンテーションされた土の根本的な違いの根拠を示す。

2. 実験手法 調湿性能試験～湿度応答法 JIS A 1470-1

Calculate a changing of the weight

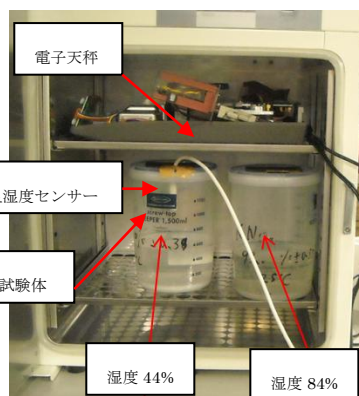
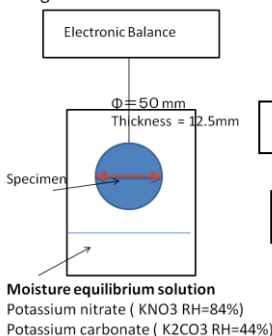


図2 調湿性能試験

に移し吸湿・放湿の過程を一分おきに電子天秤により自動測定した。計測データから初期値を引き空気に触れている部分の面積で割ることで正規化したものを比較した。

3. 結果

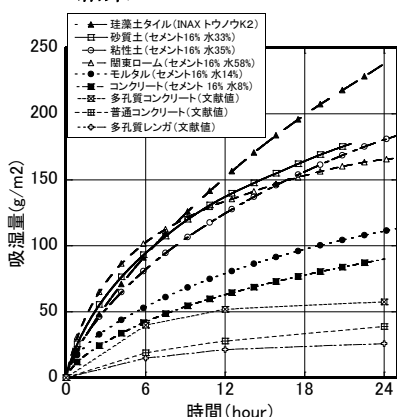


図3 各材料の調湿性能(吸湿課程)

コンクリート、モルタル、砂質土は高い相関を示した。このことから、2つの予測が生まれた。コンクリートやモルタルでも水セメント比を多くすれば調湿性能の高い材料ができるか、また砂質土の水セメント比を少なくすると調湿性能は低くなるのかの二つである。これらを試し、考察した結果を次項に示す。

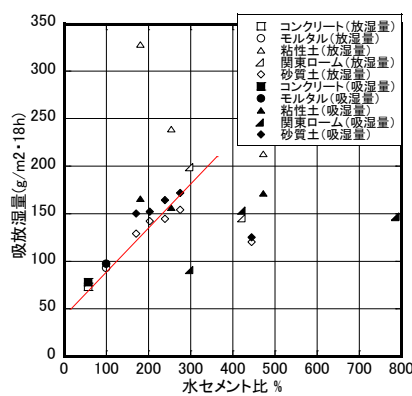


図4 水セメント比と吸放湿量(18h)

図3は湿度84%の容器の中に入れられた各材料の吸湿による重量変化を吸湿面の面積で正規化したものである。放湿過程もほぼ同じ傾向を示した。本研究で扱った材料は珪藻土に近い吸放湿性を示し、コンクリートの2倍近い吸放湿量を示した。図4は水セメント比と吸放湿量の相関を示す。粘性土・関東ロームを骨材としたものは反比例に近い関係を示し、

キーワード 土のセメンテーション, 調湿性, 環境材料, 空隙構造, 機能性建材, 高流動性

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 (工学部一号館) 社会基盤学専攻土質地盤研究室 TEL 03-5841-6123

4. 考察 コンクリート・モルタルとセメンテーションされた土の違い

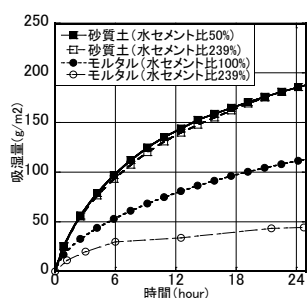


図5 水セメント比と吸湿曲線

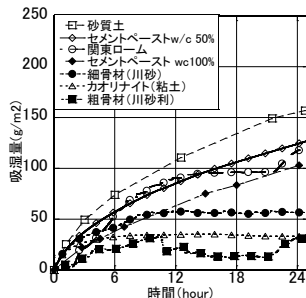


図6 骨材とセメントペースト

モルタルの水セメント比を 239%と本研究で扱った土材料と同等の量にし、吸湿量を測定したところ、水セメント比 100%のものよりも吸湿しない結果が出た。これに対して、土材料の場合水セメント比を 50%に低くしても吸湿曲線は 239%のものとはほぼ同じラインを描いた (図5)。またセメントペーストだけで吸湿させた場合と骨材のみで吸湿させた場合も比較した (図6)。いずれの吸湿量もセメンテーションされた土には及ばなかった。コンクリートやモルタルの骨材に用いられる川砂や川砂利はほとんど吸湿せず、砂質土・関東ロームはそこそこの吸湿性を示した。これらの事実から吸湿性能は水セメント比に左右されるのではなく、もともと骨材が持っている空隙量とセメントペーストが新たに形成する空隙量に大きく依存する可能性があることがわかった。各材料の調湿性能を最大容量と吸湿速度の両方から評価するために、最大吸湿容量 C_{max} と速度係数 α を対数関数によるフィッティングにより算出した (表1)。 α は時間とともに小さくなるため、最初の一時間の値 $\alpha_{(0-1h)}$ と 2~18 時間の値 $\alpha_{(averaged)}$ を算出し、 C_{max} の計算には $\alpha_{(averaged)}$ を使用した。砂質土・関東ローム・コンクリートの C_{max} に違いはないが、 α に大きな違いが見られる。

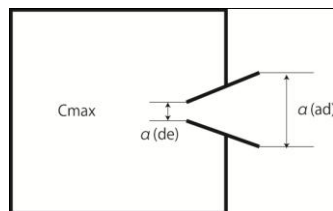


図7 C_{max} と α の概念図

Humidity Adjustment Ability									
	Ch(g/m²)	Th(day)	CL(g/m²)	TL(day)	$C_{max}(g/m²)$	$\alpha_{(0-1h)(ad)}$	$\alpha_{(averaged)(ad)}$	$\alpha_{(0-1h)(de)}$	$\alpha_{(averaged)(de)}$
Kanto Loam with 16% cement, 58% water	207	2.5	191	2.1	209.08	0.002766	0.001678	0.00304	0.001994
Edosaki Sand with 16% cement, 33% water	184.5	2.8	157	2.5	183.69	0.002544	0.001465	0.002611	0.001629
Edosaki Sand + 20% Kaolinite with 16% cement, 16% water	210	4.1	330	5.4	376.02	0.001844	0.001016	0.002984	0.000833
Concrete, 16% cement 7.8 water	125.5	3.7	185	4.3	213.28	0.002065	0.001042	0.001482	0.000834
Mortar, 16% cement, 14% water	132.5	3.5	267	10	293.2	0.002641	0.001112	0.001135	0.000435
Cement Paste w/c 50%	165	4.1	185	4.9	220.48	0.001965	0.000991	0.001482	0.000834

表1 各材料の C_{max} と α

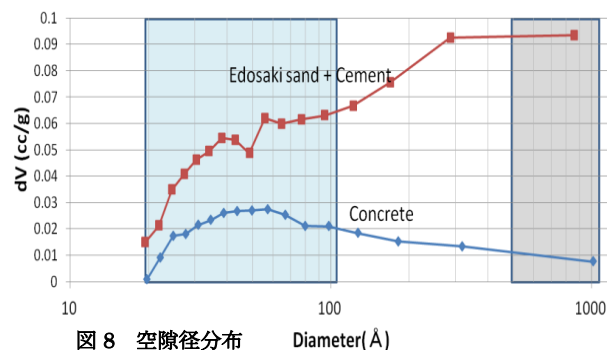


図8 空隙径分布

図8はガス吸着法によるセメンテーションされた土とコンクリート内の空隙径分布 (2~100nm) である。土材料は水蒸気吸着に必要といわれる^[2]2~11nmの空隙を多く含有し、さらに水蒸気伝搬の経路となる50nm以上の空隙も多く含有することがわかった。反対にコンクリートは水蒸気伝搬経路がほとんどないことが伺える。これは対数関数によるフィッティングにより得られた結果を示唆するものとして理解できる。

5. まとめ

本研究では、本来コンクリートの骨材として敬遠されてきた土系の材料に焦点をあてた。セメントと高い含水比で混合した結果、高い流動性・低層の住宅を建築するには十分な圧縮強度と珪藻土壁に近い高い調湿性能を有する建築材料ができる可能性を示した。吸放湿グラフをフィッティングして得られた、最大含水量 C_{max} と吸湿速度係数 α を比較し調湿性能が高い材料には微細な空隙容量だけでなく、水蒸気が伝搬する経路が十分に確保されていることが大切なことを示した。ガス吸着法により微細な空隙径分布を調べることで調湿性能が高い材料と、そうでない材料にはその傾向が表れていることを実証した。

6. 謝辞

本報で紹介した材料配合には、流動化処理土の現場の方や不動テトラ TIC 株式会社の手法からヒントを得た。またセメンテーションによる水蒸気吸着に関する知見および考察は、東京大学生産技術研究所の岸利治教授・東京大学大学院工学系研究科建築学専攻の野口貴文準教授の多大な助言による。

参考文献

- 1) 久野悟朗 (2007): 土の流動化処理工法, 技報堂出版株式会社
- 2) 渡邊修 (2007) 粘土鉱物を利用した環境調和型機能建材の設計 東北大学