

都市熱環境緩和にむけた水分自己調整機能材料の開発

Development of self-moisture control material for thermal mitigation

藤野 毅^{1*}、居上秀雄²

Takeshi Fujino¹, Hideo Ikami²

¹ 埼玉大学 大学院理工学研究科 環境科学領域

Div. of Environmental Science, Graduate School of Sci. & Eng., Saitama University

² 有限会社クレバーン技術研究所

Clay-burn technology research Co.

Abstract

The growing problem of hydrogen sulfide resulting from the disposal of waste gypsum boards has yet to find an effective solution. Recent years have brought urgent calls for a means of recycling waste gypsum boards. This study focused on applications for thermal mitigation in roof, wall, and road in urban area. The author examined the form of gypsum after pouring, as well as the formwork and pouring methods, employing the properties of gypsum hemihydrate recycled from waste gypsum boards. The study has established specifications that overcome the problem of urban heat island.

Key Words: Gypsum board, Gypsum hemihydrate, Water retentive material

1. 目的

本研究は、建物の屋上を含めた都市被覆面の熱収支を改善するための自己吸水・蒸発機能を有する材料を開発することを目的としている。その原材料は主として建築廃材等を再資源化し、その成型においても CO₂ を極力放出しない製法を提案する。開発した新材料は、粒状、板状、柱状など様々な形に成型されることで既存の都市温暖化防止技術にも応用が可能となり、これまで利用困難な場所にも適用できることを目標としている。

提案した材料で都市表面を覆うことで、夏季は気温が高温になるような日射量に達した時に

適度な蒸発が生じ、日中の蓄熱量を削減する。夜間は材質に含まれる化学物質の潮解性を利用して大気中の水分を自己吸収する。冬季は水分を保持したままとなり、熱容量の増加により断熱材としての機能を発揮する。この基盤となる材料は石膏など、廃棄物を利用したものであり、しかも成型には従来のセラミックスのような高温焼成を必要としない。これは、粒状、板状、柱状など、様々な形で成型することによって、これまで対策が困難な場所においても適用が可能になる。また、適用可能な場所の熱収支解析を行い、その場所に応じた仕様を策定する。

現在の保水性建材は本開発技術の元となっているが、セラミックス作成に必要な焼成温度が 700℃であるなど、製造過程において膨大な CO₂ を発生させてしまう。また、保水性舗装は車道

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 2 5 5
電話：048-858-9574 FAX：048-858-9574
Email：fujino@mail.saitama-u.ac.jp

にも適用できる仕様であるが、体積含水率が最大でも 10%であるため、蒸発による機能は散水時から数日程度しか持続しない。そこで、様々な給水システムが考案されているが、平米単価が高いなどの問題を抱えている。このように技術的な問題解決として、機能、製造過程、適用範囲、製造・維持コストを考慮した新しい技術開発が望まれており、本研究開発は以上を改善しようと試みるものである。

2. 空隙を含んだ石膏ボード廃材の保水性

2.1 原料化の方法 ([1] [2] [3])

回収した石膏ボード廃材を付着物や紙から二水石膏を分離した。分離により得られた石膏は2分子結晶水を持つ硫酸カルシウム（二水石膏）である。これに 120℃以上の熱を加えると4分の3の結晶水を失って半水石膏になる。逆に、半水石膏に水を加えて固化すると二水石膏に戻る。このように、石膏は水硬性能がある為、定型建材などへ応用が考えやすい。但し、190℃以上に加熱すると全ての結晶水を失って無水石膏になり、水硬性能は無くなる。

以上の特性を踏まえ、二水石膏を 3mm 以下の粒径に粉砕したのち、スクリーコンベアを用いて攪拌しながら移動させ、同時に遠赤外線照射によって加熱した。輻射加熱量はスクリーコンベア出口側の石膏の温度が 120℃~190℃の範囲となるように調整した。出口側の石膏の温度を 160℃程度とした。ここで、半水石膏に水を含ませ、さらに気泡を混ぜて（以後：混練石膏）、比重として 0.7、0.5、0.3 の3種の異なる空隙量を持った試料を2つずつ準備した (Table 1 参照)。

Table 1 試料の基本条件

試料	0.7		0.5		0.3	
	-1	-2	-1	-2	-1	-2
Dry 質量 (g)	114.32	112.16	77.93	77.94	43.42	39.14
高さ (cm)	2.53	2.53	2.53	2.53	2.07	1.89
幅 (cm)	7.93	7.98	7.89	7.98	7.9	7.95
縦 (cm)	7.96	7.9	7.99	7.9	7.9	7.87
体積 (cm ³)	159.701	159.496	159.494	159.496	129.189	118.251

2.2 混練石膏の保水性

方法の概要：水で飽和させた試料をカオリナイトで充填させた箱に設置させ、箱下端に設置した排水チューブから試料中の水を排水させる。試料中の水分変化が無くなった時（平衡状態に達したとき）の試料の含水量（試料質量）を測定する。排水チューブから試料までの長さが、試料にかかる吸引圧 (cmH₂O または Pa) である。異なる吸引圧での試料中の水分量を測定し、水分特性曲線を得る。

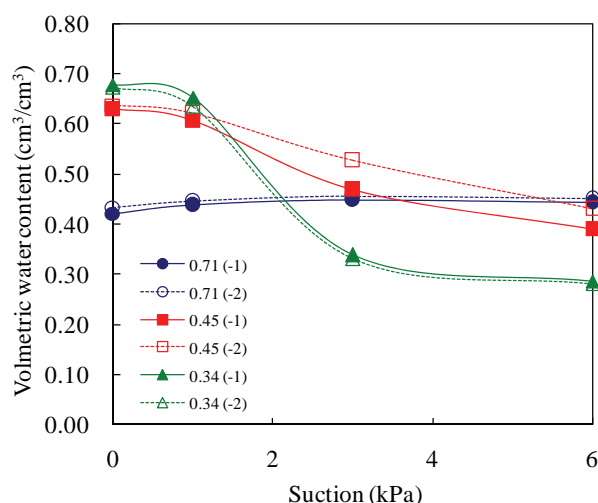


Fig. 1 試料の水分特性曲線の結果の一部

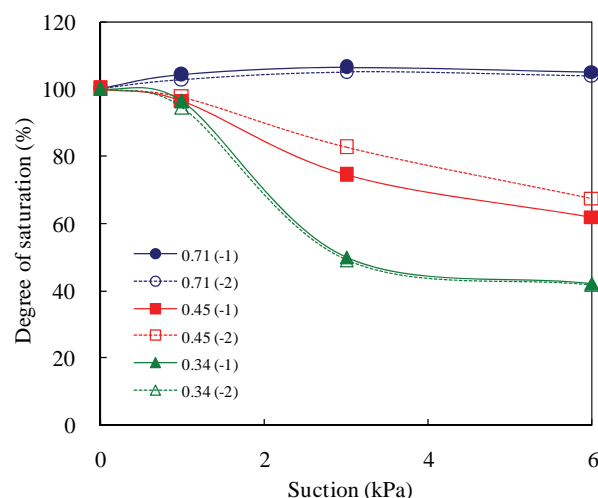


Fig. 2 試料の水分保持率の変化結果の一部

Table 2 試料の水分保持特性の結果

試料		0.7				-2			
吸引圧 (cmH ₂ O) (kPa)	全質量 (g)	水分量 (g)	体積含水率 (cm ³ /cm ³)	飽和度 (%)	全質量 (g)	水分量 (g)	体積含水率 (cm ³ /cm ³)	飽和度 (%)	
0 (飽和)	0	181.67	67.35	0.42	100.00	181.52	69.36	0.43	100.00
10	1	184.46	70.14	0.44	104.14	183.46	71.30	0.45	102.80
30	3	185.88	71.56	0.45	106.25	184.95	72.79	0.46	104.95
60	6	185.10	70.78	0.44	105.09	184.30	72.14	0.45	104.01

試料		0.5				-2			
吸引圧 (cmH ₂ O) (kPa)	全質量 (g)	水分量 (g)	体積含水率 (cm ³ /cm ³)	飽和度 (%)	全質量 (g)	水分量 (g)	体積含水率 (cm ³ /cm ³)	飽和度 (%)	
0 (飽和)	0	178.54	100.61	0.63	100.00	179.87	101.93	0.64	100.00
10	1	175.01	97.08	0.61	96.49	177.22	99.28	0.62	97.40
30	3	152.86	74.93	0.47	74.48	162.18	84.24	0.53	82.64
60	6	140.21	62.28	0.39	61.90	146.77	68.83	0.43	67.53

試料		0.3				-2			
吸引圧 (cmH ₂ O) (kPa)	全質量 (g)	水分量 (g)	体積含水率 (cm ³ /cm ³)	飽和度 (%)	全質量 (g)	水分量 (g)	体積含水率 (cm ³ /cm ³)	飽和度 (%)	
0 (飽和)	0	131.27	87.85	0.68	100.00	118.88	79.74	0.67	100.00
10	1	127.94	84.52	0.65	96.21	114.40	75.26	0.64	94.38
30	3	87.34	43.92	0.34	49.99	78.27	39.13	0.33	49.07
60	6	80.44	37.02	0.29	42.14	72.46	33.32	0.28	41.79



結果：本来吸引圧が増加するに従い試料の水分量は変化しない、もしくは減るべきにも関わらず、0.71 試料は試料重が増加した。これは、実験初期に充分水で飽和されていなかったことが原因と考えられる。しかし、グラフより0.71 試料では保水量は少ないが保水性は高い試料と言える。0.71 試料は密度が高い試料であるため、間隙量は少なく、さらに間隙の大きさが小さいためと思われる。逆に密度が小さな試料ほど、間隙量は多く間隙の大きさは大きくなるため、保水量は大きいものの保水性は小さい（逆に言えば水通しが良い）と言える。密度の高い低いという観点から考えると、今回得られた試料は妥当な結果だと思われる。なお、2つの試料間の比較については、0.45 試料で違いがありそうに見えるが、本当に有意の差かどうかは、反復した実験を実施することが望ましい(Fig. 1, 2, Table 2 参照)。

これまで知られている土壌試料結果との比較では、一般的に砂のように構造が簡単な試料は、密度が高く粒子が大きい（間隙が大きい）ため、保水量は少なく保水性も低い結果が得られる。一方、ローム（火山灰土）のような土は、粒径の小さな粘土分を多く持つものの、団粒構造を持つ場合が多く、保水量は高く保水性も高いのが一般的である。もちろん同一試料で密度を変えた試料で実験を行えば、おそらく今回の試料の結果と同じように、高密度試料では保水量が低く保水性が高いという結果になることが考えられる。

この材料を用いて、人工日射を含めた恒温恒湿槽(変動プログラム機能付き)による温度、水分の測定を実行中であるが、石膏元来の白色性と水分保持、蒸発の効果によって、これまでの空隙を含むセラミックスと同様な温度特性が得られている。

3. まとめ

多くの実験は現在なおも実施中であるが、これまでに得られた知見として、原材料の選定と作成については、ほぼ目的を達している。

サンプルの水分特性測定については、理工学研究科・川本 健准教授と博士後期課程・濱本昌一郎君の協力を得た。記して感謝いたします。本研究は、平成 19 年度シーズ発掘試験研究(課題番号 04-045)として行われた。

参考文献

- [1] Onishi K., Fujino T., and Asaeda T., A study on recycling of waste gypsum boards and application to foundation works, Journal of Environmental Information Science, Vol.35, No.5, pp.77-84, 2007.
- [2] 大西 克則, 藤野 毅, 廃棄石膏ボードのリサイクル用途として木造残炎対策への応用, 環境情報センター, 環境情報科学, 36-4, 第 4 回ポスターセッション発表要旨集, pp.92-93, (2007.11).
- [3] 藤野 毅, 大西 克則, 石膏による木造耐火床の評価解析, 埼玉大学地域共同研究センター紀要, 第 8 号, 2007.