

炭酸カルシウムスラッジを活用した保水煉瓦の開発

星 幸二^{*1}、加藤勝正^{*1}、久野 徹^{*2}

Development of Water Retention Brick by Adding Calcium Carbonate Sludge

Koji HOSHI, Katsumasa KATO and Toru KUNO

Tokoname Ceramic Research Center, AITEC^{*1*2}

普通煉瓦配合土に産業廃棄物である炭酸カルシウムスラッジを添加し、都市部のヒートアイランド化抑制用の保水煉瓦を開発した。スラッジを内割 30wt% 添加することにより、吸水率 18~24%、曲げ強さ 6.5~7.3MPa で、平均細孔径 2~4 μ m の多孔体を得た。8 月末の屋外で、24 時間吸水させた試料で保水性の評価をした結果、炎天下でコンクリートに較べて最大 13.6 の表面温度低下が見られ、水の蒸発潜熱による冷却効果が確認できた。プレスでも押出でも成形可能で低コストで製造が可能である。

1. はじめに

真夏の都市部においてヒートアイランド化¹⁾が進み、気温上昇が顕著となってきた。この抑制策として、公園、道路等へ保水性建材を施工し、建材に含ませた水の蒸発潜熱により温度上昇を抑えることが注目されている。

このため、多孔質で強度があり、安価な陶器質建材の開発を検討した。製造コストを抑えるため、主原料には大量使用されている配合土を活用し、多孔化材料には産業廃棄物のリサイクルを検討した。

2. 実験方法

2.1 使用原料

三河地区で煉瓦製造に用いられている配合土を主原料に用いた。赤色煉瓦用の配合土（以後、赤配合土と呼ぶ）と黄色煉瓦用の配合土（以後、黄配合土と呼ぶ）の 2 種類を用いた。プレス成形用には配合土を天日乾燥し、ロールミルで粉碎し、1mm 篩を全通させた。押出成形用には乾燥せず、含水状態で使用した。

多孔化材料として、各種無機系産業廃棄物を収集し、予備添加試験を実施し、良好な結果が得られた食品工場から排出の炭酸カルシウムスラッジを使用した。化学組成を表 1 に、粒度を表 2 に示す。スラッジの含水量は約 30% で、プレス成形用には 110 で乾燥したものを、押出成形用には乾燥せず、含水状態で使用した。

2.2 調合、成形、焼成試験

2.2.1 プレス成形

乾式プレス用に調合試験を行った。乾燥配合土に乾燥炭酸カルシウムスラッジを内割で 10~40wt% 添加し、らいかい機で粉碎混合した。これに水を外割 8wt% 加え、プレス用坯土とした。60 $\times$ 60mm の金型で厚みが約 12mm

になるようにプレス圧 20MPa で成形した。

成形体を 110 で乾燥した後、乾燥収縮率、かさ比重を測定した。さらに電気炉で 1075~1175、25 刻み、昇温速度 60 /h、最高温度で 2 時間保持し、焼成した。

表 1 炭酸カルシウムスラッジの化学組成

化学成分	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	SO ₃	CO ₂
分析値(wt%)	51.6	0.45	0.22	0.07	1.68	45.8

表 2 炭酸カルシウムスラッジの粒度分布

粒子径 (μ m)	< 5	5~15	15~25	25~35
含有率(wt%)	20.6	67.3	10.9	1.2

2.2.2 押出成形

乾式プレスで良好な調合を用い、押出成形用坯土の調製を行った。これを口型寸法 50 $\times$ 12mm で押出成形した。焼成は乾式プレス品と同様に行った。

2.2.3 試作

良好な調合を用い、プレス成形は 100 $\times$ 100 $\times$ 30mm のサイズで、押出成形は 200 $\times$ 100 $\times$ 60mm の普通煉瓦サイズで試作を行った。焼成は電気炉で昇温速度 60 /h、最高温度はプレス成形品は 1150、押出成形品は 1125 で 2 時間保持した。

2.3 物性評価

2.3.1 プレス成形品の評価

焼成体の吸水率は、24 時間自然吸水、かさ密度はアルキメデス法で測定した。曲げ強さはスパン 50mm、降下速度 2mm/min で 3 点曲げ法により行った。粉末 X 線回折で焼成体の生成結晶相を同定した。走査電子顕微鏡で破断面の微構造観察を行った。

2.3.2 試作品の物性

*1 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場 *2 常滑窯業技術センター

試作品の焼成体の耐凍害性はJIS A 5209 7.12により凍結融解を50回繰り返した。熱伝導率は非定常熱線法により、透水性はJIS A 1218「定水位透水試験方法」により評価した。細孔径分布は水銀圧入法により行った。

2.4 保水性評価

2.4.1 吸水速度の評価

保水建材に求められる性能評価の一つとして、降雨が少量でも素早く吸水できるかの能力を調べるため、プレス試作品の焼成体を用い、水への浸漬直後から10秒間隔で1分間の自然吸水速度を求めた。

2.4.2 屋外での評価試験

プレス成形の炭酸カルシウムスラッジ 30wt%添加素地を用いて、屋外での保水性の評価試験を行った。試料をあらかじめ24時間自然吸水させてから保水性評価に用いた。比較参照サンプルとして、同サイズのコンクリートブロックを用いた。

2002年8月29日に、三河窯業試験場の中庭にALC板を地上30cmに設置し、その板上に試料を置き、朝9時から午後5時まで1時間毎及び夜10時にサンプルの表面温度を測定した。また、同時に試料の含水率変化を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 調合、成形、焼成試験結果

3.1.1 プレス成形

焼成体の吸水率を図1に示す。炭酸カルシウムスラッジを10%添加した素地は焼成温度が高くなるにつれて徐々に焼結し、20%添加素地では1125℃で吸水率0%近くになった。30%添加すると1150℃までは気孔形成材として働いているが、1175℃では溶融してしまう。40%まで添加すると気孔率がさらに大きくなり、1175℃まで焼結は進まない。

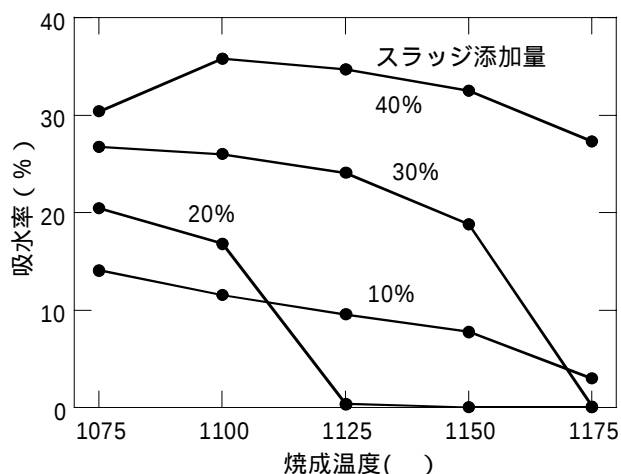


図1 焼成体の吸水率(黄配合土系)

粉末X線回折で同定した結果及び小林らの研究²⁾から、スラッジ10%添加ではCaOが少なく、粘性流動によ

る焼結が進まない。一方30、40%添加ではCaOが過剰となり、焼成温度上昇につれてゲーレンナイト、アノーサイト、 β -ウォラストナイトの順に結晶化するが、焼結が進みにくい結晶であるため、熔融温度まで多孔体のままとなる。本研究ではこの特徴を利用する。

焼成体の曲げ強さを図2に示す。10%添加素地では焼成温度上昇につれて曲げ強さは高くなった。20%添加では1150℃で溶融し始め、強度低下を示した。30%添加では1100℃で最小値を示すが、さらに焼成温度が上がると曲げ強さは高くなった。40%添加素地では焼成温度を高くしても曲げ強さの向上はほとんどなく、全体に弱い素地になった。

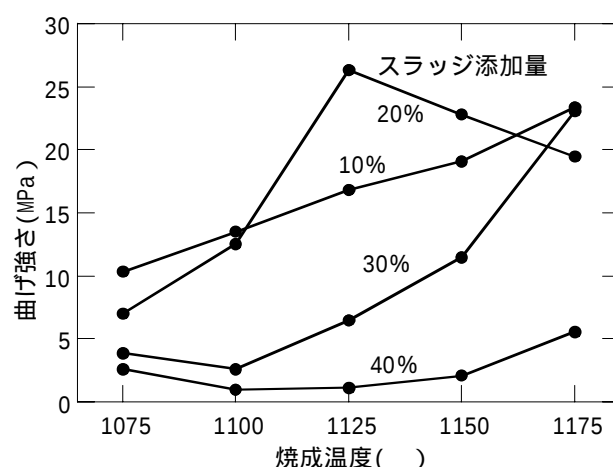


図2 焼成体の曲げ強さ(黄配合土系)

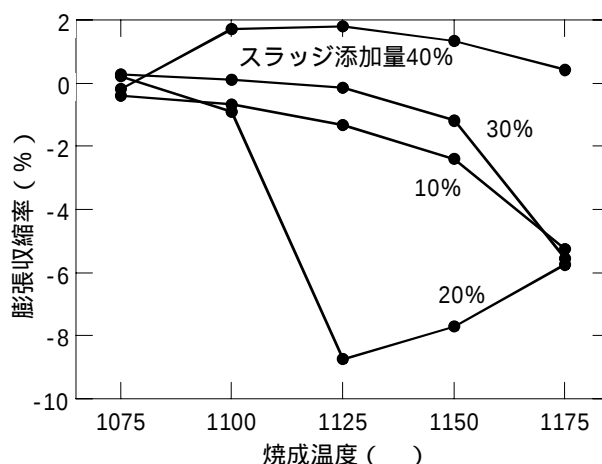


図3 焼成体の膨張収縮率(黄配合土系)

焼成体の膨張収縮率を図3に示す。炭酸カルシウムスラッジ10、20%添加素地は焼結して収縮するが、30%添加では収縮は僅かになり、40%添加では逆に膨張した。焼成体のかさ密度を図4に示す。スラッジ10%添加では焼結が進むにつれて、密度が高くなり、20%添加では、1150℃で溶融し始めると密度は低下した。30%添加では

1150 まで低いが、1175 で溶融し始めると急激に密度

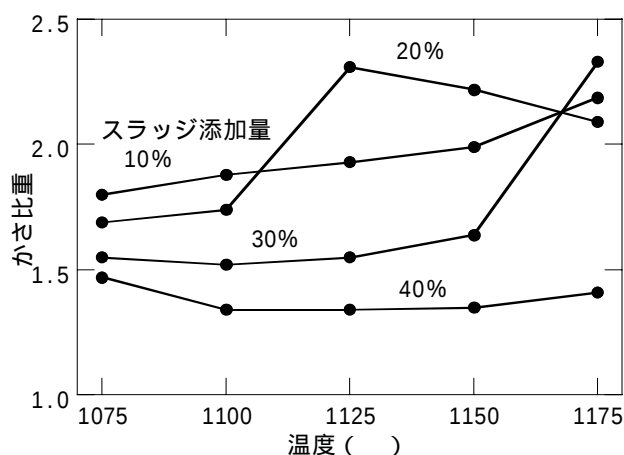


図4 焼成体のかさ密度（黄配合土系）

は高くなった。40%添加では低いまま推移した。

以上の結果から吸水率が高く、曲げ強さも普通煉瓦の60～90%程度ある炭酸カルシウムスラッジ30%添加素地を1125～1150 で焼成したものを保水評価に用いた。

3.1.2 押出成形

赤配合土に炭酸カルシウムスラッジを30%添加した押出成形体とプレス成形体との物性を比較した。両者の焼成体の吸水率と曲げ強さを図5に示す。同じ割合で成形しても、焼成すると押出成形品がプレス成形品より反応が進んだ結果を示した。これは成形体の充填度合いなどの違いにより焼結する温度の差がでたと思われる。押出成形品の吸水率をプレス成形品と同じにするには、焼成温度を50 程度下げる必要があった。

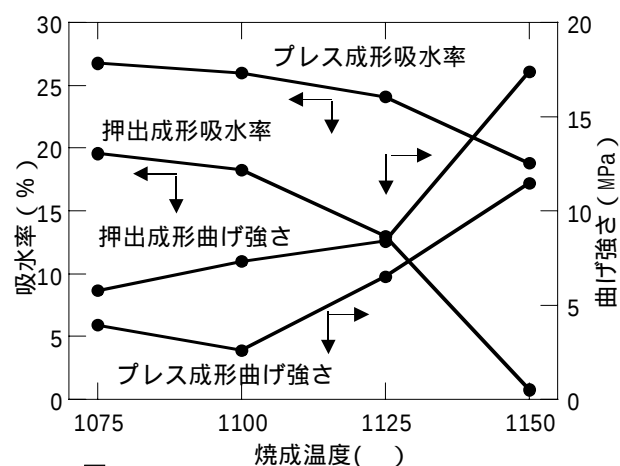


図5 押出成形とプレス成形の物性差（赤配合土系石灰石スラッジ30%添加）

3.2 試作品の建材物性

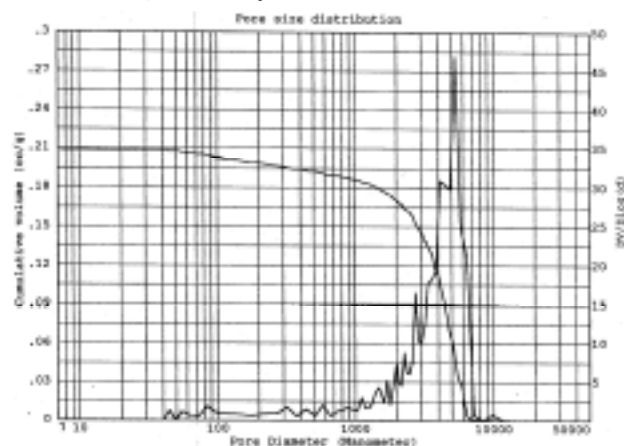
試作した建材の物性を表3に示す。耐凍害性はプレス成形で - 20 の50回繰り返しても異常は認められないが、煉瓦サイズの押出成形品は肉厚の影響もあり、1回から3回で亀裂が発生した。また、押出品では炭酸カル

シウムスラッジに含まれる硫黄の影響により白華現象がでやすいので焼成温度をやや高めに設定する必要がある。

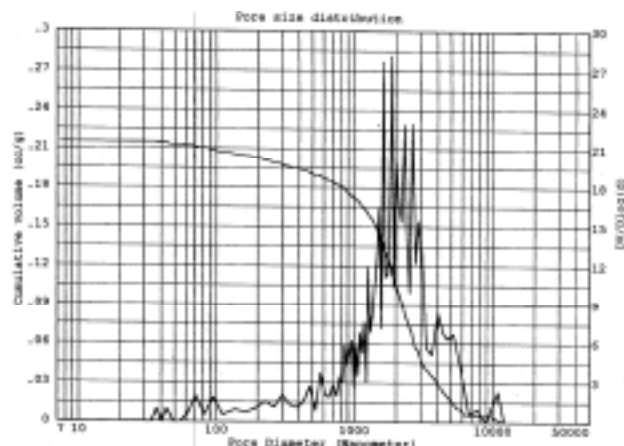
項 目	プレス成形品	押出成形品
吸水率 %	24.1	18.3
曲げ強さ MPa	6.5	7.3
耐凍害性	50 回パス	3 回終了後亀裂
透水係数 cm/sec	9.9×10^{-4}	4.1×10^{-5}
熱伝導率 W/mK	0.91	0.59

表3 試作品の物性

プレス成形体と押出成形体の焼成品の細孔分布を図6に示す。プレス成形体の平均細孔径は $4.1 \mu\text{m}$ で、押出成形体の平均細孔径は $2.0 \mu\text{m}$ であった。プレス成形体の細孔径は押出成形体の約2倍大きい。このことはプレス成形は成形密度が低く、また焼成温度が高いことが影響していると考えられる。



プレス成形品



押出成形品

図6 試作品の細孔分布

3.3 保水性評価

3.3.1 吸水速度

プレス成形試作品の吸水速度を図7に示す。コンクリートは24時間吸水率が低く、短時間ではごく僅かの吸水であった。一方、試作品は短時間に急激に吸水し、1分

以内に飽水傾向を示した。僅かの降水でもしっかりと吸水できる事が判明した。

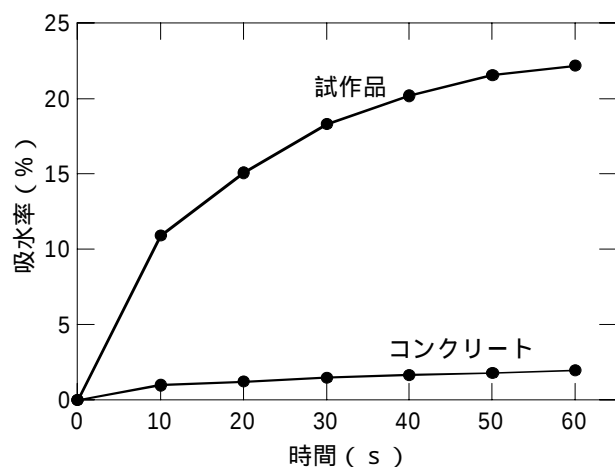


図7 試作品の吸水速度

3.3.2 屋外での評価試験

試作品とコンクリート製品の表面温度を図8に示す。外気温の上昇につれてコンクリート製品の表面温度は上昇し、気温が最高温度を記録する午後2時頃に表面温度が最高値を示した。その後は気温低下に追従し、夜10時には気温とほぼ同じ温度となった。これは試験日が8月末で真夏の灼熱に較べて夜の気温が低くなっているため、温度差がなくなったと考えられる。一方、試作品の表面温度はコンクリート製品に較べて低く、午後2時に最大温度差13.6を記録した。最高温度を記録したのは午後4時と外気温のピークより遅れている。

各時間での含水率変化を図9に示す。コンクリートは吸水率が低く、含水率の変化は僅かで、水の蒸発による冷却効果は期待できない。試作品は吸水率が高く、時間経過とともに含水率が低下していき、大量の水の蒸発潜熱により表面温度の上昇が抑えられている。夕方になると含水量が少なくなり、冷却効果が減少し、外気温との差が縮まったと考えられる。プレス成形試作品の寸法サイズは前述のように普通煉瓦サイズより小さく、煉瓦サイズに換算すると、炎天下でも飽水状態から約2日間は保水でき、冷却効果がその間は持続すると推定できる。なお、昼12時に外気温及び各表面温度が低下しているのは雲が広がったためである。

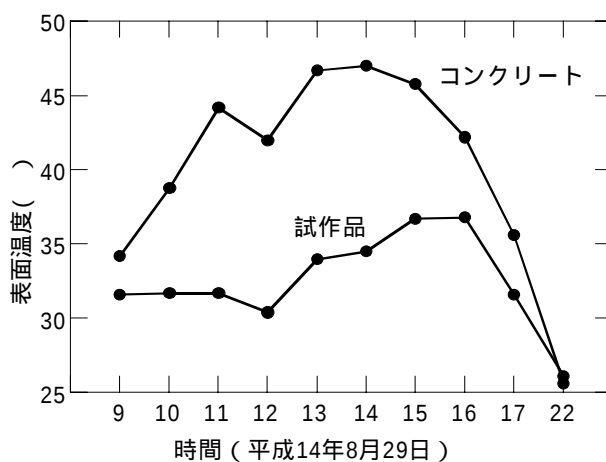


図8 試作品の表面温度

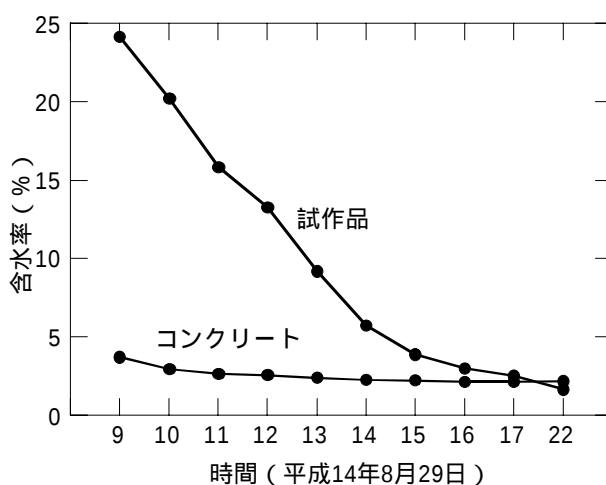


図9 試作品の含水率変化

4. 結び

- (1) 煉瓦配合土に炭酸カルシウムスラッジを内割30wt%添加することにより、吸水率が18～24%で、曲げ強さが既存の煉瓦よりやや弱い多孔質材料が得られた。
- (2) プレス成形、押出成形のどちらでも成形可能で安価な製造が可能である。
- (3) 保水煉瓦の吸水速度は速く、乾燥速度も適度であり、基本的な保水性能は十分あることが確かめられた。
- (4) 飽水試料を用いての夏の屋外での評価で、コンクリートに較べて最高で13.6の温度低下を確認した。

文献

- 1) 村松照男：研究交流クラブ第71回定例会資料，P5(2002)，科学技術交流財団
- 2) 小林，墨，加藤：J.Ceram.Soc.Japan，105(8)，70(1997)