

SiO₂を主成分とする原料を用いた建設材料の活用に向けた検討

芝浦工業大学 学生会員 ○田村 勇樹 東京大学 正会員 酒井 雄也
東北電力株式会社 非会員 佐竹 英 芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. 目的

コンクリートは主要な建設材料として世界中で用いられているが、セメントの製造過程において多量のCO₂を排出するほか、原料である石灰石や砂が不足しつつあるという問題を抱えている。以上のような背景を踏まえ、セメントを用いず砂同士を直接接合することで硬化体を作製する研究が実施された¹⁾。この技術は原料となる砂にアルコールと触媒を加えて加熱することで、砂のSi-O結合を切断・再生させることで硬化させるものである(図1)。陸上には例えば砂漠の砂は多く存在するものの、その粒径などの理由からコンクリートに用いることは困難であるが、本技術により新たな建設材料として利用できる可能性がある。しかし、硬化のメカニズムや製造条件が硬化に及ぼす影響に不明な点が残っている。

そこで、本研究では砂と触媒、アルコールを用いた建設材料の製造の実現に向け、各パラメータが硬化に及ぼす影響の把握を目的として検討を行った。また、この手法はSiO₂を含む材料であれば硬化体を作製できるため、砂のみではなくフライアッシュを用いて同様の検討も実施した。

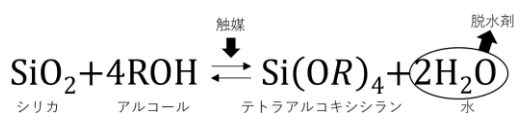


図1 反応式

2. 実験方法

珪砂もしくはフライアッシュ(JIS-II相当)を主原料とし、アルコールとしてエタノール、触媒としてKOH、脱水剤として2,2-ジメトキシプロパンを用いて検討を行った。硬化体が反応容器に直接固着することを防ぐため、原料は銅箔で作製した円柱状容器(図2)の中に入れて反応容器(図3)に挿入した。次に、反応容器に銅箔容器を入れ、所定量のアルコールに触媒であるKOHを溶かした溶液と脱水剤を加えて反応容器を密閉し、オイルバスで加熱した。表1

に作製の基本条件を示す。容器容量の都合上、製造される硬化体の寸法が小さいこと、また銅箔を型として使用しており、硬化体がいびつな形状となることから、定性的な評価であるが、乾燥後硬化体が指で潰せる程度の強度を有しているか否かの評価を実施した。評価においては、硬化しなかったものを0、指で軽く押して破壊したものを1、強く押して破壊したものを2、強く押しても破壊しないが表面や角の一部が欠けたものを3、強く押しても全く破壊しなかったものを4と表記し、以降ではこれらを「硬化度」とする。またアルキメデス法による空隙率の測定も実施した。各々の条件で作製した供試体は1つであるが、ばらつきの確認のため数回実験を行った条件もあり、そのような場合は平均値を結果に示した。

3. 結果と考察

3-1 砂を原料とする硬化体

砂を主原料として作製した硬化体の例を図4左に示す。触媒であるKOHのエタノールに対する濃度を変化させたときの結果を図5に示すが、KOH濃度の増加に伴い空隙率は低下した。硬化度について、KOH濃度が6.3%以上では指で破壊することが出来ない程

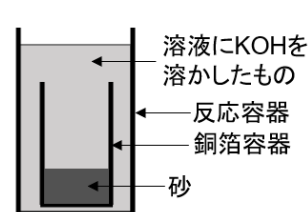


図2 セットアップの略図(左)と銅箔容器(右)



図3 反応容器(左)とオイルバス(右)

表 1 基本となる作製条件

珪砂またはフライアッシュ	2g
KOH 濃度 (質量比)	7.7%
エタノールの量	12g
2,2-ジメトキシプロパン	0.3ml
処理温度	240°C
処理時間	24h



図 4 砂(左)とフライアッシュの硬化体(右)

度の硬化度を有していた。一方で、KOH 濃度 14% のとき硬化体が作製されなかったため追試験を 2 回行ったところ、1 回のみ硬化体を得ることが出来た。この原因については、今後検討予定である。

次に珪砂量を変化させた場合の結果を図 6 に示す。珪砂量の増加に伴い、空隙率も増加した。硬化度はいずれも 4 であった。さらに、エタノール量を変化させたときの結果を図 7 に示すが、エタノール量を変化させても空隙率と硬化度はほとんど変化しなかった。珪砂量に対しエタノール量が十分であれば、空隙率は大きくは変化しないと考えられる。以上より硬化には、砂量と触媒濃度が重要であると考えられる。

3-2 フライアッシュを原料とする硬化体

次にフライアッシュを用いて作製した硬化体の空隙率と硬化度の検討を行った。作製した硬化体の例を図 4 右に示す。珪砂同様、硬化体を得られたことから将来的に建設材料として活用できる可能性がある。脱水剤である 2,2-ジメトキシプロパンを用いず、KOH 濃度を変化させた結果を図 8 に示す。KOH 濃度を増加させると空隙率は減少したものの珪砂ほどの低下は見られなかった。これは、フライアッシュに含まれる SiO_2 が珪砂よりも少ないため反応性が低いことが原因であると考えられる。また、KOH 濃度が 7.7%、14% の場合に硬化度 4 が得られたことから、最適な触媒濃度が存在すると考えられる。

4. まとめ

本検討において、硬化体作製には珪砂量と触媒濃度の関係が重要であり、後者の割合が増加するほど空隙率は低下した。強度は増加するものと予想される。また、フライアッシュでも硬化体を作製できたこ

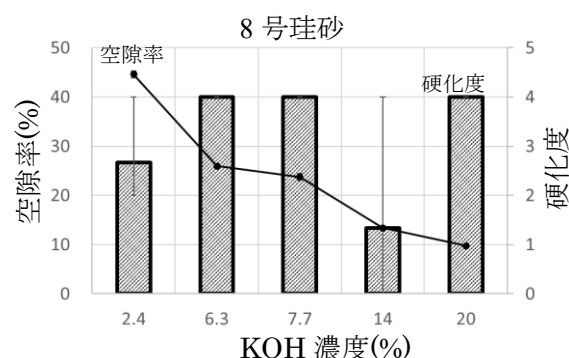


図 5 KOH 濃度変化による空隙率と硬化度

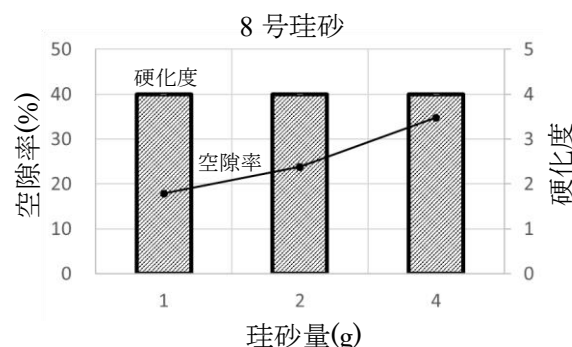


図 6 珪砂量変化による空隙率と硬化度

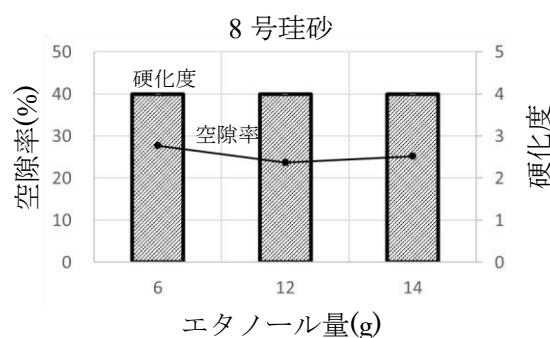


図 7 エタノール量変化による空隙率と硬化度

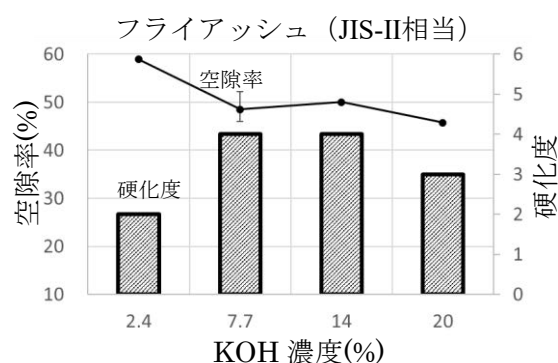


図 8 KOH 濃度変化による空隙率と硬化度

とから、建設材料として有効活用が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 酒井雄也, Farahani Ahamad : 生産研究, Vol.73, No.3, pp.185-188, 2021