

CCU 材料の炭酸カルシウム微粉末を用いたコンクリートの CO₂ 固定量

鹿島建設(株)	正会員	○坂井吾郎
鹿島建設(株)	フェロー会員	坂田 昇
鹿島建設(株)	正会員	渡邊賢三
鹿島建設(株)	正会員	関 健吾
日本コンクリート工業 (株)	正会員	八木利之

1. はじめに

コンクリートはこれまでに大量の CO₂ を排出してきており、社会的に大きな問題となっている。これを解決するために、炭素を活用する技術(活性炭素技術)であるコンクリートに CO₂ を吸収して硬化させる CO₂ 吸収コンクリート¹⁾が注目されており、この技術を用いれば、CO₂ の排出量よりも固定量が上回る、いわゆるカーボンネガティブが実現できる。ここでは、この技術を用いなくとも、既存の別のコンクリート技術を組み合わせることで、カーボンネガティブを実現できることを試算した。

2. 炭酸カルシウム微粉末を用いたコンクリート

CCU 材料として、戻りコンクリートや廃コンクリート等に含まれるカルシウムを抽出し、CO₂ を反応させて炭酸カルシウム CaCO₃ を生成して固定化する技術²⁾を筆者らが開発しており、その炭酸カルシウムの微粉末が既に商品化されている。その生成のフローは、図-1 に示すとおりである。この炭酸カルシウムの微粉末は、石灰石から産出される石灰石微粉末と成分的にはほぼ同じものである。筆者らは、約 30 年前に高流動コンクリートの研究において、流動性を高めた際の粗骨材の材料分離の抵抗性を高めるために、105~313 kg/m³ の石灰石微粉末(炭酸カルシウム)を入れたコンクリートの配合について実験によって検討している³⁾。実験に使用した材料は表-1、コンクリートの配合は表-2 に示すとおりである。この実験によって、炭酸カルシウムの微粉末を 313 kg/m³ 入れた高流動コンクリートは十分な充填性を有することが示されている。このような炭酸カルシウムの微粉末を大量にコンクリートに入れる技術は、今では、通常のコンクリートにおいても一般的な技術になっており、コンクリート技術の要点⁴⁾にも掲載されている。

一方、コンクリートが大量の CO₂ を排出する主な要因は、セメントを製造する際に排出される CO₂ であり、このセメントをできる限り使用しないことで、CO₂ の排出量を削減することができる。その方法としては、セメントの代わりに、高炉スラグ微粉末やフライアッシュをコンクリートに入れることが一般に行われており、その代表的なものは、高炉セメント B 種である。ここでは、小島らが開発し、既に 17 万 m³ 以上の施工実績がある高炉スラグ微粉末を 60%以上

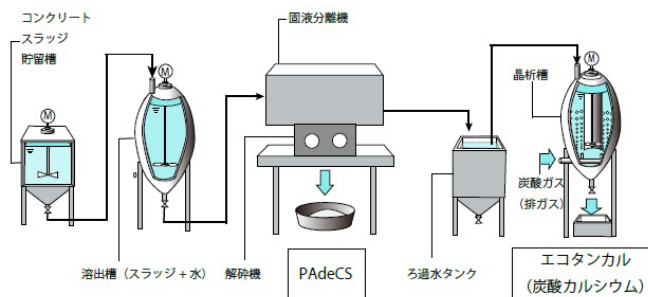


図-1 コンクリートスラッグを用いた炭酸塩鉱物化の概略フロー²⁾

表-1 実験の使用材料³⁾

使用材料	
セメント	普通ポルトランドセメント (比重 3.16, ブレーン値 3200cm ² /g)
ス ラ グ	高炉スラグ微粉末 (比重 2.91, ブレーン値 3800cm ² /g)
石 粉	石灰石粉 (炭酸カルシウム) (比重 2.70, 200 メッシュ(ブレーン値 3000cm ² /g 相当))
水	水道水
細 骨 材	川砂(大井川産)) (比重 2.59, F.M.2.75, 実積率 67.4%)
粗 骨 材	川砂利(富士川産) (比重 2.65, Gmax25mm, F.M.7.38, 実積率 64.1%)
高性能減水剤	β-ナフタリンスルホン酸カルシウム+反応性高分子

表－2 炭酸カルシウム微粉末を大量に用いた粉体系高流動コンクリートの配合³⁾

配合 No.	W/C (%)	W/P ^{*1} (%)	s/a ^{*2} (%)	単位量 (kg/m ³)						スランブフロー (cm)		
				水	C	スラグ	石粉	細骨材	粗骨材	(SP 添加率 ^{*3} (%))		
1	55.0	55.0	46.5	170	161	148	0	857	1000	45±5 (0.4)	60±5 (0.75)	75±5 (1.1)
2	55.0	41.1	46.5	170	161	148	105	805	950	45±5 (0.3)	60±5 (0.8)	75±5 (1.0)
3	55.0	32.8	46.5	170	161	148	209	753	901	45±5 (0.5)	60±5 (0.85)	75±5 (1.0)
4	55.0	27.3	46.5	170	161	148	313	705	848	45±5 (0.85)	60±5 (1.1)	75±5 (1.4)

*1 水／微粉末（セメント，スラグ，石粉）

*2 細骨材／（細骨材＋粗骨材）

*3 高性能減水剤の微粉末（セメント，スラグ，石粉）に対する添加率

混入した高炉セメントC種相当のコンクリート⁵⁾と、百瀬らが開発し、既に約 6000m³ の施工実績がある再生セメントのコンクリート⁶⁾を対象に、炭酸カルシウムの微粉末を同時に入れたコンクリートについて、CO₂の固定量を試算した。

3. CO₂固定量の試算

まず、炭酸カルシウムの微粉末を CCU 材料とした場合、炭酸カルシウムの微粉末をコンクリート 1m³ 当たり 313kg 入れた際の CO₂の固定量は、八木ら²⁾が試算に用いている炭酸カルシウム 1kg 当たりの CO₂固定量 0.39kg を用いれば、122.0kg/m³となる。

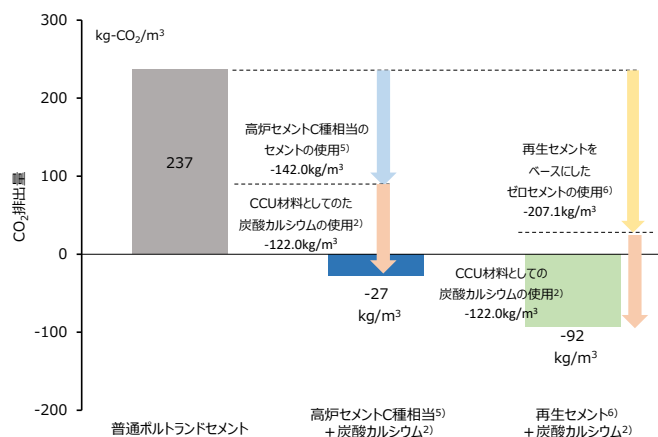
一方で、単位セメント量を 309kg/m³とした場合、高炉セメントC種相当のコンクリート⁵⁾の CO₂排出量は 94.7kg/m³（普通ポルトランドセメント：OPC の CO₂排出原単位を 766kg-CO₂/t，高炉セメントC種相当のコンクリートが CO₂排出量を 6 割低減できるとして試算），再生セメントのコンクリート⁶⁾で OPC を使用せず、ゼロセメント（CO₂排出原単位 95.8kg-CO₂/t）コンクリートとすると CO₂排出量は 29.6kg/m³となる。これらの関係を図－2 に示す。図に示すように、ゼロセメントと CCU 材料の炭酸カルシウムの微粉末を用いることで、CO₂排出量をマイナス 27～92kg/m³にすることができ、カーボンネガティブを実現できる。ここで検討に用いたゼロセメントは再生セメントであるため、コンクリートは高いアルカリ性を有する。

4. おわりに

今回の検討で、CO₂吸収コンクリートを用いなくとも既存のコンクリート技術を組み合わせることでカーボンネガティブを実現できることが分かった。ただし、コスト的には高くなることから、今後はコスト低減に向けての技術開発が必要である。また、冒頭で示した CO₂吸収コンクリートは、今回示した従来のコンクリート技術と独立して用いられることから、これらの技術を組み合わせることで更なる大幅な CO₂の削減が可能である。

参考文献

- 1) 関健吾ら：CO₂排出量ゼロ以下の環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM®」の開発，鹿島技術研究所年報，Vol.61，pp.91-96，2013。
- 2) 八木利之ら：エコタンカル CO₂を原料とした環境にやさしい軽質炭酸カルシウム，土木施工，Vol.62，No.11，pp.87-90，2021.11。
- 3) 坂田昇ら：高流動コンクリートの充填性に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.12，No.1，pp.301-306，1990。
- 4) 日本コンクリート工学会：コンクリート技術の要点 '21，p.42，2021.9。
- 5) 小島正朗ら：エネルギー・CO₂ ミニマムセメント・コンクリートの開発と適用，コンクリート工学，Vol.59，No.9，pp.776-781，2021.9。
- 6) 百瀬晴基ら：乾燥スラッジ微粉末を混和材として用いたレディーミクストコンクリートの開発，鹿島技術研究所年報，Vol.66，pp.75-84，2018.12。

図－2 CO₂固定量の試算結果