

CO₂削減を最大化したコンクリート技術に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○森山善範
 鹿島建設(株) 正会員 取違 剛
 鹿島建設(株) 正会員 渡邊賢三
 鹿島建設(株) 正会員 閑田徹志
 鹿島建設(株) フェロー会員 坂田 昇
 日本コンクリート工業(株) 正会員 八木利之

1. はじめに

今までコンクリートは世の中に CO₂ を排出するという悪者であったが、将来は、コンクリートこそが CO₂ を植物のように吸収する材料であるという常識になるように、鋭意、技術開発を進めている。ここでは、著者らが開発した CO₂ を削減する技術を用いて、最大どの程度の CO₂ を削減できるかについて試算した。

2. 固定量の増大に関する具体的方策

久田らは、環境配慮型コンクリートを、次の3つに分類している¹⁾。

- ① セメントを置換する材料技術
- ② 骨材や粉体に CO₂ を固定化する技術
- ③ コンクリートに CO₂ を吸収させる技術

これらの技術の全体像図-1に示す。以下に、著者らが開発した①～③の各技術について述べる。

2.1 セメントを置換する材料技術

セメントに置き換えて、戻りコンクリート等の未利用スラッジ水を脱水、スラッジケーキとし、その後、乾燥機で処理した乾燥スラッジを微粉碎して再生セメント²⁾を用いる。この再生セメントは、著者らが開発し、実用化しているものであり、既に使用したセメントから製造していることから、ゼロセメントである。再生セメントの CO₂ 排出原単位は、95.8kg であり、普通ポルトランドセメントの 1/8 程度である。

2.2 骨材や粉体に CO₂ を固定化する技術

著者らは、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、表-1 に示す単位結合材量 309 kg に加えて、313kg 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を考案した³⁾。この炭酸カルシウムにプレキャストコンクリート製品工場の排気ガスから回収した炭酸ガスとコンクリート廃材のカルシウムによって製造された炭酸カルシウム微粉末⁴⁾を用いる。この炭酸カルシウムも著者らが開発し、商品化している。

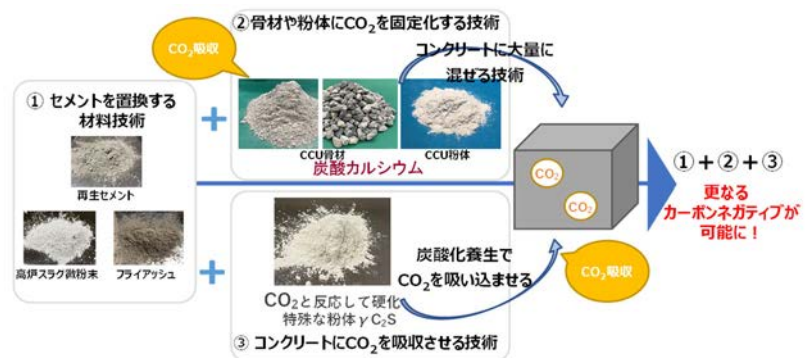


図-1 CO₂ 排出量の低減，固定量の増大に関する方策

表-1 高流動コンクリートの配合

W/B*1 (%)	W/P*2 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	BFS	LSP	S	G
55.0	27.3	46.5	170	161	148	313	705	848

※1 B=C+BFS ※2 P=C+BFS+LSP

2.3 コンクリートに CO₂ を吸収させる技術

キーワード 環境配慮型コンクリート，CO₂吸収型コンクリート，カーボンネガティブ，CCU 材料，炭酸カルシウム

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株) 土木管理本部 TEL03-5544-1111

ダイカルシウムシリケート γ 相 (γ -C₂S) は、コンクリートに練混ぜ、強制的に炭酸化養生することで多量の CO₂ を吸収、固定できる⁴⁾。副産物として排出される Ca(OH)₂ を原料に γ -C₂S を製造することで、CO₂ 排出原単位を 124.5 kg とすることができる。一方で、炭酸ガスとの反応活性の高い γ -C₂S は 500 kg-CO₂/ton を固定できることから、実質でマイナス 375 kg-CO₂/ton の排出量を示す⁴⁾。この技術は世界唯一のものであり、著者らが日本発の技術として開発し、実用化している。

3. CO₂ 固定量の試算結果

CO₂ 排出量の削減および固定量の最大化を図ったコンクリートの配合を表-2 に、使用材料を表-3 に示す。また、図-2 に CO₂ 排出量の試算結果を示す。表-2 に示す配合は、前述の①～③の技術として、再生セメントと γ -C₂S を結合材として用い、CO₂ を固定化した炭酸カルシウムを分離抑制用の微粉末として用いた粉体系高流動コンクリートである。打込み後は強制炭酸化養生を行い CO₂ ガスと反応させる方法を試行した。図示するように、通常のコンクリートと比較して、再生セメントを用いることで約 230kg、炭酸カルシウムで約 120kg、炭酸ガス養生による固定化で約 55kg の CO₂ を削減もしくは固定化する試算となった。これは通常のコンクリートに対して 400kg/m³ を上回る量の CO₂ を削減し、さらに、この高流動コンクリートを用いることで、地球上から CO₂ を 157kg/m³ 削減できる試算となり、高さ 20m の杉の木 11 本が 1 年間に吸収する CO₂ に相当する。

4. おわりに

今回の検討では、既に実在する技術として粉体を対象としたが、コンクリート中の 7 割が骨材であり、この骨材に CO₂ を固定化する技術が鋭意開発されつつある。それらをコンクリートに利用することができれば、更なる驚異的な CO₂ の削減に繋がる。今後、更なる CO₂ 削減に向けて技術開発を鋭意推進していく所存である。

参考文献

- 1) 久田真, 宮里心一: カーボンネガティブコンクリートの社会実装に向けて-CO₂ の受け皿となるコンクリートを目指す-, 土木施工, Vol.62, No.11, pp.22-25, 2021.11.
- 2) 閑田徹志ら: 残コン・戻りコンから作り出す再生セメント「CemR³」製造システムとその CO₂ 削減効果, コンクリートテクノ, Vol.41, No.5, 2022.
- 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) 佐々木猛: 八木利之: 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.
- 5) 取違剛ら: 「CO₂ 排出量ゼロ以下の環境配慮型コンクリート CO₂-SUICOM」, セメント・コンクリート, Vol.786, 2012.
- 6) 渡邊賢三ら: 炭酸カルシウム微粉末を用いた高流動コンクリートによる省人化と CO₂ 削減を両立する技術に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, 2022.7.

表-2 CO₂ 固定化最大化コンクリートの配合例

W/B (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	RC	γ -C ₂ S	CaC	S	G
55.0	27.3	46.8	170	161	148	313	690	800

B= RC+ γ -C₂S P= RC+ γ -C₂S+CaC(炭酸カルシウム)

表-3 使用材料と CO₂ 排出原単位⁶⁾

材料	記号	CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /ton)
普通ポルトランドセメント	C	766.6
高炉スラグ微粉末	BFS	26.5
石灰石微粉末(炭酸カルシウム)	LSP	16.1
細骨材	S	3.7
粗骨材	G	2.9
再生セメント	RC	95.8
ダイカルシウムシリケート	γ -C ₂ S	124.5
軽質炭酸カルシウム	CaC	-390

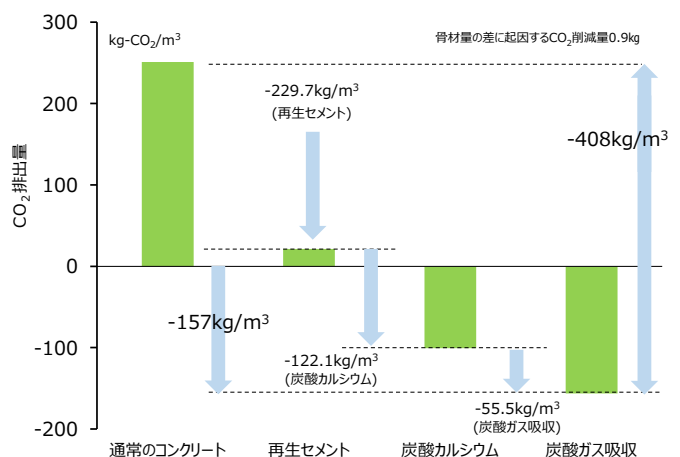


図-2 CO₂ 削減の最大化コンクリートの試算結果