

i-Construction と CO₂ 削減を同時に実現する高流動コンクリート技術

鹿島建設(株)	正会員	○小野かよこ
鹿島建設(株)	フェロー会員	坂田 昇
鹿島建設(株)	正会員	坂井吾郎
鹿島建設(株)	正会員	渡邊賢三

1. はじめに

コンクリートは、今まで大量の CO₂ を排出してきており、地球温暖化の観点から大きな問題となっている。これを解決するために様々な機関において環境配慮型コンクリートの研究が進められているが、環境配慮型コンクリートを用いることによるコストアップが課題である。本稿では、i-Construction を実現する際に環境配慮型コンクリートを活用することによって、コスト的な問題を解決する方法について、その具体的な事例として、CO₂ を吸収させた炭酸カルシウムを用いた高流動コンクリートの適用について報告する。

2. 省人化に向けての高流動コンクリートについて

i-Construction を推進し、将来的に建設現場を工場化して生産性の向上を実現するためには、すべての作業を自動化することが望まれる。現在、コンクリート打設においては、打込み箇所で作業者が棒状バイブレータによってコンクリートを締め固めており、かなりの苦渋作業となっている。このコンクリート打設の際に、高流動コンクリート（締め固めを必要としない自己充填性を保持したコンクリート）を用いれば、型枠内にコンクリートを流し込むだけで、コンクリートを締め固めることなく型枠内に密実に充填されることが可能となり、かなりの省人化が図れる¹⁾ (写真-1)。

しかし、高流動コンクリートは通常のコンクリートに比べて高価であるため、高密度配筋部などの特殊な部位にしか使用されていないのが実状である。そのため、最近では、安価な高流動コンクリートの開発²⁾が行われている。高流動コンクリートが高価となる要因は、高性能 AE 減水剤と粉体を多くなることに寄るため、これらの開発では単位粉体量を少なくしても自己充填性を付与できるようにしているが、そのため所定の材料分離抵抗性を得ることが困難になり、通常の配筋部など、適用できる範囲が限られることが懸念される。できることならば、高密度配筋部も含めた様々な打設条件で締め固め不要な高流動コンクリートが適用できればよいが、そのためには粉体量を多くした粉体系の高流動コンクリートとする必要がある。



写真-1 通常のコクリートと高流動コンクリートの打設状況との比較¹⁾

3. CO₂ を吸収させた炭酸カルシウムを用いた高流動コンクリートの適用

粉体系高流動コンクリートの配合設計において必要となる粉体として、コンクリート製品を製造する際に生じた廃液からカルシウムを抽出し、それに CO₂ を吸収させて生成した炭酸カルシウムの微粉末³⁾をコンクリートに混入すれば、コンクリートの製造時に排出される CO₂ を大幅に削減することができる。炭酸カルシウムの微粉末をコンクリートに混入する技術は、筆者らが約 30 年前に考案した技術⁴⁾であり、今では一般的な技術として広く使うことができるものである。

キーワード 環境配慮型コンクリート, i-Construction, カーボンネガティブ, 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

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⁴⁾

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) (SP 添加率 ^(*)3) (%))		
				水	C	スラグ	石粉	細骨材	粗骨材			
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

表-1 実験の使用材料⁴⁾

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

開発した自己充填性を有するコンクリートの材料, 配合は, 表-1, 表-2 に示すとおりである⁴⁾. 表に示すように, 粉体として炭酸カルシウムの微粉末を用いており, このような手法を用いると, 従来の高流動コンクリートとほぼ同等のコストで環境配慮型コンクリートとして CO₂ を削減できる. さらに, ベースのセメントに CO₂ 排出量の少ない高炉セメント B 種や ECM⁵⁾, 百瀬らが開発した再生セメントであるゼロセメント⁶⁾を用いれば, CO₂ をネガティブ, すなわち造れば造るほど世の中から CO₂ を削減することができるコンクリートとすることも可能となる. 試算結果は図-1 に示すとおりである.

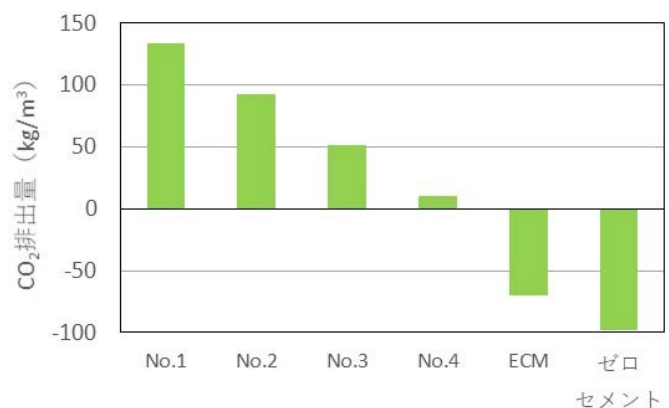
生産性の向上が図られるだけでなく, CO₂ の削減という新しい価値を同時に実現することで, 通常のコンクリートとの価格差があったとしても, それらの2つの効果が適正に評価されコストに反映されれば, 広く普及できる可能性があるものと考えられる.

4. おわりに

今回の事例は, 一つのコンクリートで, i-Construction による省人化とカーボンネガティブの二つの効果を見出すものである. それを評価したコスト体系を確立されれば, 建設工事における省人化を図りながら, コンクリートによって大幅な CO₂ 削減ができるものと考えられ, 適用拡大に繋がる可能性がある.

参考文献

- 1) 坂田昇, 村上陸太: i-Construction による省人化と環境配慮型コンクリートによるカーボンネガティブを同時に達成する技術, コンクリートテクノ, Vol.41, No.2, pp.56-60, 2022.2.
- 2) 松本修治ら: アクリル系増粘剤の添加による締固め不要コンクリートのフレッシュ性改善効果, 土木学会年次学術講演会論文集, 2020.9.
- 3) 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.
- 4) 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, 1990.
- 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, 2018.12.

図-1 CO₂ 固定量の試算結果