

コンクリート練混ぜ時の CO₂ 固定化に関する実験的検討

大成建設（株）社会基盤技術研究部 正会員 ○松元 淳一
 大成建設（株）社会基盤技術研究部 正会員 橋本 理
 大成建設（株）社会基盤技術研究部 フェロー会員 坂本 淳
 大成建設（株）社会基盤技術研究部 フェロー会員 丸屋 剛

1. はじめに

近年の地球温暖化対策として、著者らは、図-1 に示すような環境配慮コンクリートを開発し、CO₂ 排出量の抑制を図っている。この中で、ポルトランドセメントを使用せず、代替として副産物である高炉スラグ微粉末を刺激材で硬化させるセメント・ゼロ型は多くの構造物へ展開を行っている。一方、カーボンリサイクル技術により CO₂ を資源として転換した炭酸カルシウムを環境配慮コンクリートに添加し、「カーボンネガティブ」を実現した Carbon-Recycle についても一部の部材に適用を行っており、今後はセメント・ゼロ型、Carbon-Recycle の更なる展開の推進を進めている。

著者らは、前述のコンクリートの使用材料によるCO₂削減技術に続いて、コンクリートの練混ぜ時にCO₂を噴霧してコンクリート中にCO₂を固定させるコンクリート製造法（以下、T-Carbon Mixingと称する）を開発した。本技術開発を実装するメリットとして、①現場打ちコンクリートへの適用が可能、②現場打ちコンクリートの数量に応じたCO₂固定量の増大に寄与、③現場展開が容易の3点が挙げられる。本稿では、本製造技術の概要ならびに室内ミキサにおける現状の検討結果等について述べる。

2. 製造技術

本技術（T-Carbon Mixing）の概要を図-2に示す。CO₂を限りなく多く固定させるために、1つのミキサで連続的に2回に分けて練混ぜを行う方法や、高さ方向に上下2つのミキサを設けて分割練りを行う方法を基本としている^{1),2)}。1次練りでコンクリート1m³中の一部の材料（水、結合材、細骨材、化学混和剤）にて行い、練混ぜ中にCO₂を噴霧してコンクリートに確実に固定させる。その後、2次練りの練混ぜでは、1次練りの練混ぜにおいて製造されたモルタルと残りの全材料（水、結合材、細骨材、粗骨材、化学混和剤）の練混ぜを行い、コンクリートとして仕上げる。

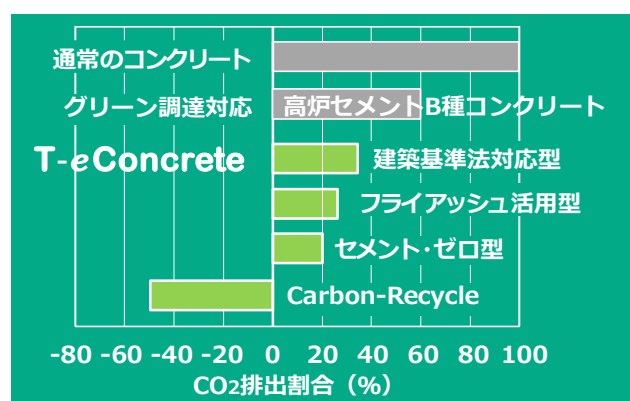


図-1 環境配慮コンクリートのCO₂ 排出削減効果

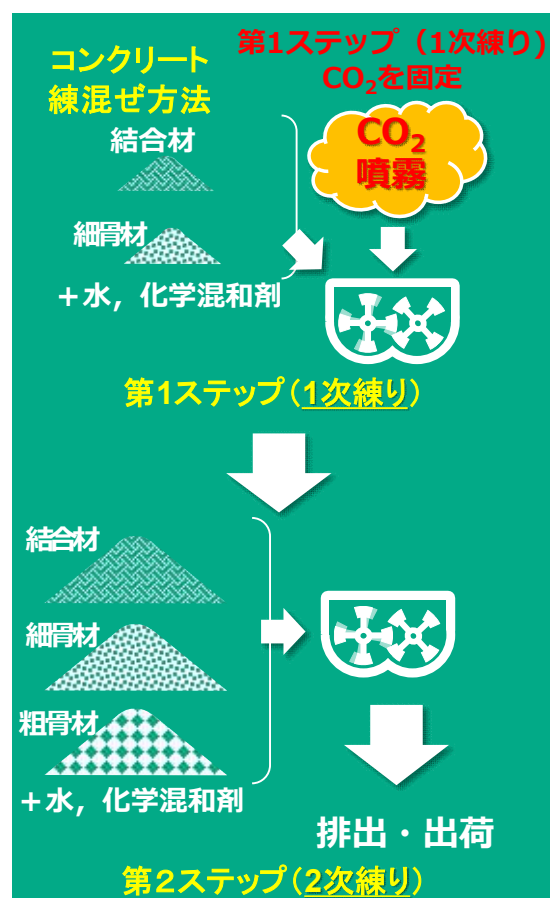


図-2 本技術の概要

キーワード カーボンニュートラル、CO₂ 固定化技術、CO₂ 排出量削減、コンクリートの製造技術

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター社会基盤技術研究部 TEL 045-814-7255

3. 強制練りミキサによる CO₂ 固定化技術の検討

3.1 実験概要

本検討に使用した普通セメントコンクリートの水セメント比を 36, 45% および 55% の 3 ケースとし、1 次練りと 2 次練りの質量比率は 12.5 : 87.5 とした。使用材料として、セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm³）、細骨材に青梅産砕砂（密度 2.62g/cm³、吸水率 0.86%）、粗骨材としては、青梅産碎石（密度 2.63g/cm³、吸水率 0.61%）を用いた。2 次練りにおいては、混和剤としてポリカルボン酸高性能減水剤を用いた。

実験に用いたミキサは公証容積 220L、最大練混ぜ量 60L のものであり、構造として CO₂ の漏れ等がなく、密閉性を保つ構造を前提とし、ミキサの上蓋に 3 か所の CO₂ 噴霧孔を設け、1 か所当たり 20L/分で CO₂ を噴霧した。また、CO₂ 濃度計が測定できる孔を設け、練混ぜ時のミキサ内部の CO₂ 濃度の測定を行った。なお、今回の実験で使用した CO₂ は市販の高純度 CO₂ ガスボンベとした。強制練りミキサにおける 1 次練りは 15 分間とし、練混ぜ中はミキサ内部の CO₂ 濃度計の値を確認した。一方、練混ぜ終了後に試料を採取し、熱重量分析による CO₂ 固定量の定量的評価を行った。2 次練り後のコンクリートでは、Φ100×200mm 供試体を製作し、圧縮強度およびアルカリ保持性の評価を行った。

3.2 強制練りミキサによる CO₂ 固定化実験の結果

1 次練り終了時点の試料にフェノールフタレイン溶液を噴霧し、CO₂ 固定を簡易的に確認した。結果の一例として、水セメント比 36% の状況を写真-1 に示す。試料表面は無色となり CO₂ が固定している状況であると判定された。また、ミキサ内部の温度は練混ぜ開始時の温度より練混ぜ終了時の方が 20℃以上上昇しており、温度上昇の観点からも CO₂ と反応していると推察された。ただし、このようなミキサ内部の温度上昇や練混ぜの長時間化はコンクリートの品質や施工計画に大きな影響を及ぼすため、改善が必要であると考えられた。

表-1 にそれぞれの水セメント比におけるコンクリート 1m³ への CO₂ 固定量を示す。1 次練り終了時で採取した試料を熱重量分析した結果より CaCO₃ 量を求めて、CO₂ 固定量は分子量の比率から算出した。CO₂ 固定量は水セメント比が小さい方が多く、CO₂ と反応するアルカリ分、ここではセメント量が影響していることが分かり、水セメント比 36% のコンクリートの CO₂ 固定量は 10.2kg/m³ であった。

図-3 には、一例として、水セメント比 36% および 55% の 2 次練り終了後に製作した Φ100×200mm 供試体の圧縮強度を示した。1 次練りの練混ぜ時における CO₂ 噴霧の如何に拘らず、圧縮強度は同程度であり、現状の 1 次練りと 2 次練りの比率（12.5:87.5）であれば、CO₂ がコンクリートの一部に固定しても、強度低下は生じないことが分かる。また、写真-2 は、供試体割裂面にフェノールフタレイン溶液を噴霧したものであるが、1 次練り時に CO₂ を噴霧固定させたものでも赤紫色に呈色しており、モルタルと同じくコンクリートにおいても、強アルカリ性を保持していることが分かる結果であった。

参考文献: 1) 丸屋剛ほか: 液体窒素によるコンクリートのプレクーリングに関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 12, No. 1, pp. 907-912, 1990, 2) 田沢栄一, 松岡康訓, 金子誠二, 伊東靖郎: ダブルミキシングで作製したセメントペーストの諸性質について, コンクリート工学年次論文集, Vol. 4, pp. 125-128, 1982



写真-1 フェノールフタレイン溶液噴霧後の状況

表-1 1m³あたりの CO₂ 固定量

実験ケース	CO ₂ 固定量
水セメント比36%	10.2kg/m ³
水セメント比45%	9.30kg/m ³
水セメント比55%	8.20kg/m ³

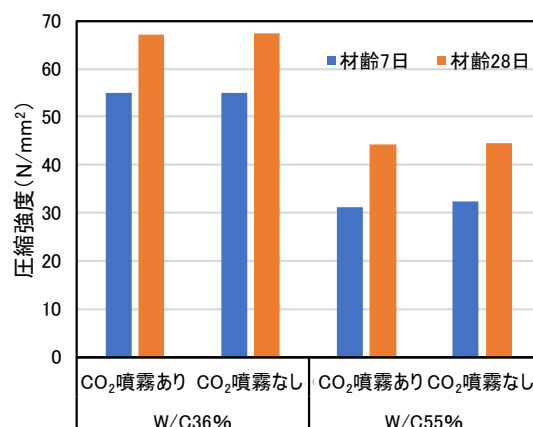


図-3 コンクリート供試体の圧縮強度

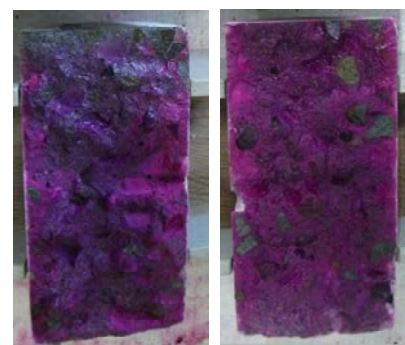


写真-2 コンクリート割裂面（W/C36%）