

セメントペースト硬化体における CO<sub>2</sub> 吸着量の簡易測定方法の一検討

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○湯屋 蓮  
 (株) 竹中工務店 池尾 陽作  
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

## 1. はじめに

日本では、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、脱炭素社会の実現に向け、様々な分野で取り組みがなされている。コンクリート分野では、環境配慮型コンクリートなどのコンクリートの材料起源によるCO<sub>2</sub>排出量を大幅に低減したコンクリートの開発や、コンクリートや骨材へのCO<sub>2</sub>固定など様々な技術が検討されている。特に骨材へのCO<sub>2</sub>固定は、2016年に開催された国際会議ICEFにて、戦略的な行動をとることで、世界規模で36億トンのCO<sub>2</sub>を削減できる可能性を秘めていると示されている。筆者らのグループはこれまで、CO<sub>2</sub>ガスを用いた骨材の強制炭酸化による再生骨材コンクリートの改善方法を提案しているが、この技術は再生骨材自体の改質を目的としたものであり、再生骨材にどの程度CO<sub>2</sub>ガスが吸着したかは検討していない。カーボンニュートラルや再生骨材の利用促進を見据えた場合、強制炭酸化によって再生骨材に吸着したCO<sub>2</sub>量を測定する方法の開発が求められると考えられる。

本検討では、炭酸化前後の質量変化を電子天秤で測定することで、炭酸化反応の過程で吸着したCO<sub>2</sub>量を簡易的に測定できないかと考え、形状の異なるセメント硬化体に対して電子天秤により求めた質量変化率とTG-DTAにより算出したCO<sub>2</sub>吸着率を比較・検討した。

## 2. 試験概要

## 2.1 使用材料および試料概要

本研究では、普通ポルトランドセメント（密度3.16g/cm<sup>3</sup>）および高炉スラグ微粉末（密度2.91g/cm<sup>3</sup>）を使用した。配合は、水結合材比50%で、OPC配合、B50配合（高炉スラグ微粉末50%置換）、B70配合（高炉スラグ微粉末70%置換）とし、水和生成物の違いによるCO<sub>2</sub>吸着への影響を検討した。試料は、セメントペーストを38×40×2mmのチャック付きポリ袋に打設し、

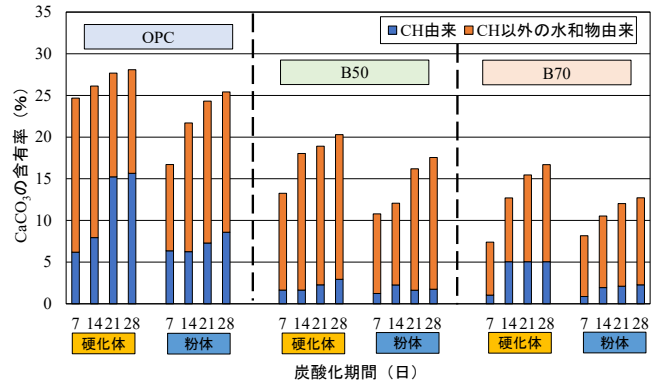


図-1 TG-DTAによって算出したCaCO<sub>3</sub>量

材齢7日まで封緘養生を行った。作製した硬化体を硬化体試料とし、硬化体を粉砕ミルで150μm以下に粉砕したものを粉体試料とした。その後、硬化体試料、粉体試料ともに、グローブボックス（温度20℃、相対湿度60%）にて21日間調湿を行った。調湿完了後、促進中性化装置（温度20℃、相対湿度60%、CO<sub>2</sub>濃度5%）にて促進炭酸化を行った。促進炭酸化期間が7日、14日、21日、28日の試料に対して検討を行った。

## 2.2 示差熱重量分析試験（TG-DTA）

TG-DTAにより、水酸化カルシウム（以下CHと示す）量および炭酸カルシウム（以下CaCO<sub>3</sub>と示す）量の定量を行った。温度範囲は20～1000℃、昇温速度は10℃/minとし、CHの脱水量およびCaCO<sub>3</sub>の脱炭酸量をDTA曲線の変曲点から推定し、TG曲線の重量変化の吸熱ピークを伴った減少量から定量した。試験は窒素ガス中で行い、測定中の炭酸化の影響を排除した。

## 3. 試験結果

3.1 TG-DTAにて算出したCaCO<sub>3</sub>含有率とCO<sub>2</sub>吸着率

図-1にTG-DTAによって定量したCaCO<sub>3</sub>含有率をCH由来とCH以外の水和物由来として示す。また図-2に定量したCaCO<sub>3</sub>量から算出したCO<sub>2</sub>吸着率を示す。なお、CH以外の水和物由来のCaCO<sub>3</sub>の含有率については、CaCO<sub>3</sub>含有率からCH由来のCaCO<sub>3</sub>含有率を差し

キーワード：カーボンニュートラル、炭酸化、CO<sub>2</sub>固定、TG-DTA

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 芝浦工業大学 03-5859-8356 Email:mh21024@shibaura-it.ac.jp

引くことで算出した。まず試料形状の違いに着目すると、図-1 から、いずれの配合においても粉体試料よりも硬化体試料の方が  $\text{CaCO}_3$  の生成量が多くなっていることや、図-2 から、硬化体試料の方が  $\text{CO}_2$  吸着率が多くなっていることが分かる。これは炭酸化の過程で、粉体試料は試料外部に水分が容易に逸散してしまうのに対し、硬化体試料は試料内部に水分が留まることで、 $\text{CO}_2$  が細孔中で溶解して炭酸化が進行したと考えられる。配合の違いに着目すると、図-1 から OPC では生成した  $\text{CaCO}_3$  の半数近くが CH 由来であったのに対して、B50 や B70 では、CH 以外の水和物由来の割合が高かった。また硬化体試料では、B50 で CH の炭酸化があまり進行しなかったのに対して、B70 では炭酸化期間 14 日以降、CH の脱水のピークが見られず、試料に含まれる CH が 14 日時点ですべて炭酸化したと考えられる。これは、既往の研究<sup>2)</sup>同様、B70 では炭酸化により空隙構造が変化し、物質移動抵抗性が低下した可能性が考えられ、それによって硬化体試料内部の CH まで炭酸化した可能性が考えられる。以上より、セメント種類や試料形状（比表面積）の違いにより、炭酸化する水和物や炭酸化量が異なると考えられる。

### 3.2 電子天秤にて算出した質量変化率

図-3 に電子天秤によって測定した質量変化率を示す。配合の違いに着目すると、OPC と B50 では粉体試料よりも硬化体試料の方が質量増加が大きいのにに対し、B70 では粉体試料の方が大きくなり、前節の  $\text{CO}_2$  吸着率とは大小が逆転した。このことから B70 の粉体試料では、炭酸化によって  $\text{CO}_2$  が  $\text{CaCO}_3$  とは異なる状態で固定化され、質量計測による質量増加が大きくなっている可能性や、硬化体試料では、炭酸化による水分逸散量が多く、見かけ上、炭酸化による質量増加が少なくなった可能性が考えられる。

### 3.3 質量変化率と $\text{CO}_2$ 吸着率の関係

図-4 に質量変化率と  $\text{CO}_2$  吸着率の関係を示す。OPC と B50 では硬化体試料、粉体試料の近似直線の傾きがそれぞれある程度同等であり、質量計測から  $\text{CO}_2$  吸着量が推測できる可能性が示唆された。一方で B70 では、硬化体試料と粉体試料の近似直線の傾きが異なることから、試料形状により、炭酸化過程で逸散する水分量が違う可能性や、 $\text{CO}_2$  が  $\text{CaCO}_3$  以外の状態で固定化されている可能性があり、質量計測によって  $\text{CO}_2$  吸着量を評価するにはさらなる検討が必要であると考えられる。

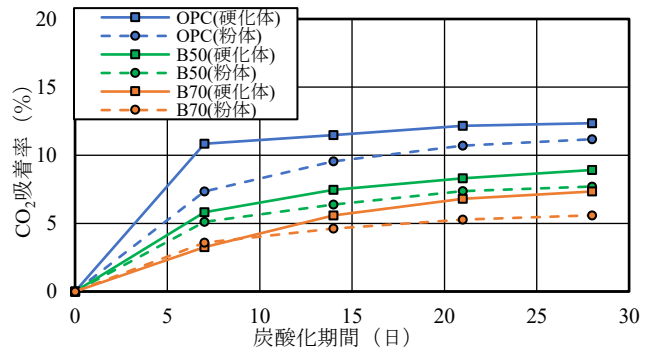


図-2  $\text{CO}_2$  吸着率

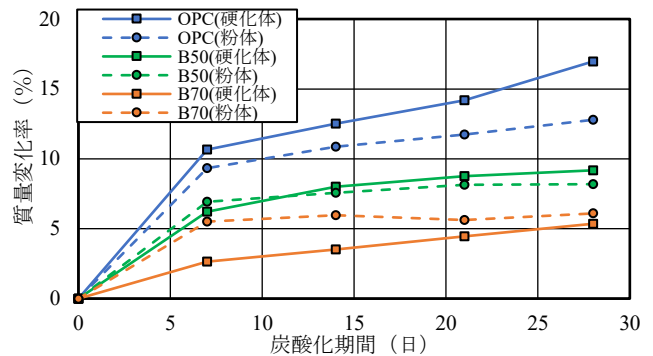


図-3 質量変化率

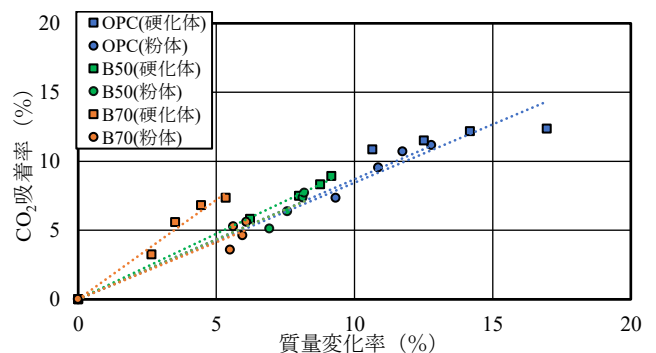


図-4 質量変化率と  $\text{CO}_2$  吸着率の関係

### 謝辞

この成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP16002) によるものである。

### 参考文献

- 1) 松田信広ほか：炭酸化による低品質再生骨材の改質技術の提案と改質再生骨材がコンクリートに与える影響、コンクリート工学論集、第 30 巻、pp.65-76、2019
- 2) 水野博貴ほか：炭酸化した高炉セメント硬化体の空隙構造変化が水分浸透性に与える影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.41、No.1、pp.665-670、2019