

ポスター発表 | 第V部門

2025年9月12日(金) 14:40 ~ 16:00 Ⅲ Ne (熊本城ホール)

副産物利用・カーボンリサイクル材料2

座長：須田 裕哉（新潟大学）

[12PM2-Ne-12] 炭酸化再生微粉の炭酸化方法の違いがモルタルの強度に及ぼす影響

*川谷 千晶¹、石川 英理香¹、伊代田 岳史¹、池尾 陽作² (1. 芝浦工業大学、2. 株式会社竹中工務店)

キーワード：再生微粉、CO₂固定、圧縮強度、粒度分布、空隙率

資源循環の側面から、供用後のコンクリートを解体し、再生骨材として活用する取り組みがされている。再生骨材製造時の副産物である再生微粉には、セメント硬化体中の水酸化カルシウムやC-S-Hが含まれており、これらはCO₂固定源として活用可能である。本研究では炭酸化方法の違いに着目し、炭酸化再生微粉のCO₂固定量及びモルタルに添加した際の強度に与える影響を検討した。その結果、湿式・乾式炭酸化処理された再生微粉のCO₂固定量は同程度であり、圧縮強度は湿式炭酸化処理された再生微粉を混合した場合で大きくなった。湿式再生微粉は微粒分が多く、総空隙量が小さいことが確認され、これらが強度発現に寄与していると考えられる。

炭酸化再生微粉の炭酸化方法の違いがモルタルの強度に及ぼす影響

芝浦工業大学 学生会員 ○川谷 千晶
 芝浦工業大学 石川 英理香
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史
 (株)竹中工務店 池尾 陽作

1. はじめに

持続可能な社会の実現のために、コンクリート分野においても環境負荷低減や資源循環へ配慮した取り組みがなされている。

コンクリート製造のうち、セメント製造時に大量の CO_2 が排出されることから、環境負荷低減のために、混和材を高置換したセメントを用いたコンクリートの開発が進められている。また、資源循環を考慮して、供用後のコンクリートを解体し、再生骨材として活用する取り組みがされている。再生骨材を製造する際に副産物として大量の再生微粉が発生するが、再生微粉の用途は未確立であり、再生骨材の普及に向けた活用方法の確立が求められている。再生微粉にはセメント硬化体中の水酸化カルシウムや C-S-H が含まれており、これらは CO_2 固定源として活用可能である。炭酸化処理を行って CO_2 を固定した再生微粉をコンクリート材料として使用することで、コンクリート製造におけるカーボンニュートラルに貢献できると考えられる。

本研究では、再生微粉の炭酸化処理方法の確立に向けて、炭酸化方法の違いに着目し、再生骨材工場に炭酸化装置を増設して製造した炭酸化再生微粉の CO_2 固定量及び、モルタルに添加した際の強度に与える影響を検討した。

2. 再生微粉の製造方法と品質

2.1 再生微粉の製造方法

図-1 に再生微粉の製造の流れを示す。本研究で用いた再生微粉は、再生骨材工場（湿式磨砕方式）に湿式炭酸化装置を増設して製造を行った。 CO_2 の供給は分級機とスラリータンクの2か所で行い、計3種類の再生微粉を採取した。まず、連続的に CO_2 が供給されている分級機からスラリーを一部取り出し、再生微粉（P）を

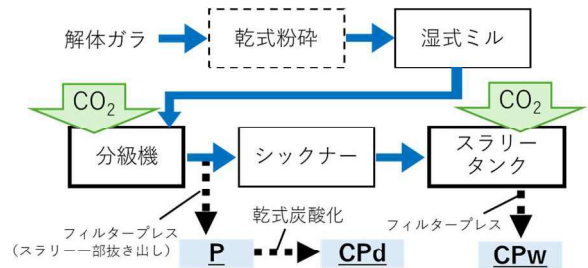


図-1 再生微粉の製造の流れ

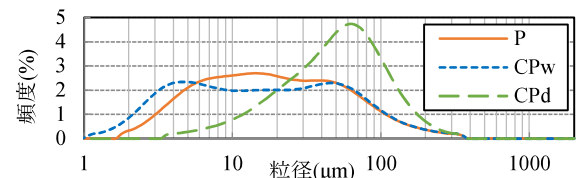


図-2 粒度分布

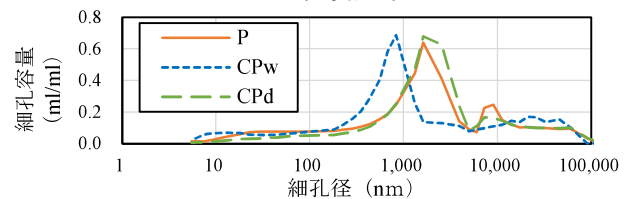


図-3 再生微粉の細孔径分布

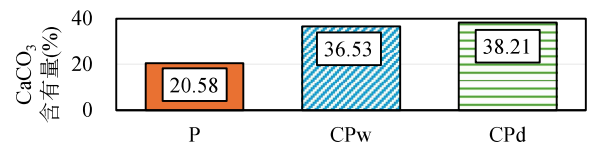


図-4 再生微粉の CaCO_3 含有量

採取した。このPを促進中性化槽（温度 20°C 、相対湿度 60% 、 CO_2 濃度 5% ）で14日間乾式炭酸化し、乾式炭酸化再生微粉（CPd）とした。さらに、排出されたスラリーを一時保管するスラリータンクにバッチ式で $\text{pH}6.8$ となるまで CO_2 を供給した後にスラリーを取り出し、湿式炭酸化再生微粉（CPw）を採取した。なお、図-2 に再生微粉の粒度分布、図-3 に細孔径分布を示す。

2.2 再生微粉の CaCO_3 含有量

図-4 に TG-DTA で測定した CaCO_3 含有量を示す。測定試料は、各再生微粉を 40°C で絶乾状態後、 $150\mu\text{m}$ の

キーワード 再生微粉, CO_2 固定, 圧縮強度, 粒度分布, 空隙率

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 : ah21095@shibaura-it.ac.jp

ふるいを通過したものを使用した。測定は、N₂ フロー環境下で室温から 1000℃までを昇温速度 20℃/min で行った。以下の式(1)を用いて CaCO₃ 含有量を算出した。

$$\text{CaCO}_3 \text{ 含有量} = \frac{550 \sim 850^{\circ}\text{C} \text{ における質量減少割合}}{\text{加熱前の質量重量}} \times \frac{100}{44} \quad (1)$$

CPw, CPd の CaCO₃ 含有量は同程度であり、製造方法の違いによる CO₂ 固定能力の差は見られなかった。

3. 再生微粉を混合したモルタルの圧縮強度

3.1 試験体概要および試験概要

表-1 にモルタルの配合名と構成割合を示す。セメント種は普通ポルトランドセメント (N: 密度 3.15g/cm³) と高炉 C 種セメント (B: 密度 2.97g/cm³, SO₃ 量 3.56%) の 2 種類とした。セメント (C) と砂 (S: 混合砂, 表乾密度 2.61g/cm³) の質量比が 1 : 3, W/C=50 % のモルタルと、細骨材の 1 割を再生微粉で置換したモルタルを作製した。なお、再生微粉は種類により含水状態が異なったため、室温と 105℃ 絶乾時の質量の差分から水分量を算出し、単位水量から差し引いて補正した。脱型は材齢 2 日に行い、その後各試験材齢まで水中養生 (水温 20℃) を行った。なお、試験は φ50×100mm の円柱供試体を用いて、材齢 7, 28, 56 日に行った。

3.2 圧縮強度

図-5 に圧縮強度を示す。N, B のどちらのセメント種においても、再生微粉を添加することにより、無添加に対し、P, CPw で強度増進, CPd で強度維持が確認された。このことから、CO₂ 固定量が同程度であっても、炭酸化方法の違いにより、再生微粉がモルタルの強度に与える影響は異なり、本研究では、炭酸化処理を行った再生微粉のうち、CPw を用いた場合で強度発現性が高いことが示された。

4. 炭酸化方法の違いがモルタルの強度に与える影響のメカニズムの検討

4.1 粒度分布による影響の検討

粒度分布 (図-2) より、それぞれ P と比較して、CPw は粒径がわずかに小さくなり、CPd は粒径が明らかに大きくなる傾向が得られた。この結果から、P や CPw を用いた場合で高い強度が得られた要因として、これらに比較的多く含まれる微粒分が、硬化体内の空隙を充填したことが考えられる。

4.2 モルタルや再生微粉の空隙による影響の検討

図-5 にモルタルの総空隙率を示す。強度が最小の無

表-1 モルタルの配合名と構成割合

セメント種	配合名	C	W	S	再生微粉
N, B	無添加	1	0.5	3	0
	P, CPw, CPd	1	0.5	2.7	0.3

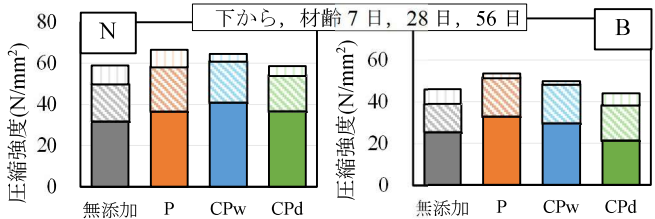


図-5 モルタル圧縮強度

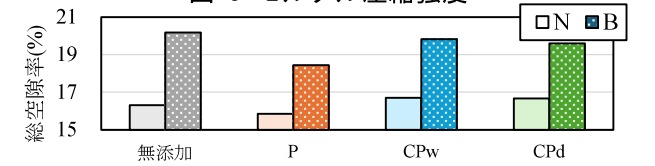


図-6 モルタル総空隙率

添加で最大、強度が最大の P で最小となった。また、CPw と CPd は強度に差が生じたにもかかわらず、空隙率は P よりも大きく、互いに同程度の値が得られた。すなわち、CPw と CPd の圧縮強度の違いは硬化体の総空隙率によらないと考えられる。

次に、再生微粉の空隙径分布 (図-3) に着目すると、CPd は P と同様の傾向を示した。一方、CPw は P や CPd と比較して 1 μm 以下の細孔径が増加していることや、総空隙量が減少したことから、炭酸化によって粒子内部が緻密化していると推察する。つまり、炭酸化方法の違いによって圧縮強度に差が生じるのは、粒子内部の空隙量が異なるためだと考えられる。

5. まとめ

- (1) 湿式・乾式炭酸化処理された再生微粉の CO₂ 固定量は同程度であり、圧縮強度は湿式炭酸化処理された再生微粉を混合した場合で大きくなった。
- (2) 湿式炭酸化再生微粉で強度が大きいのは、微粒分を比較的多く含むことに加えて、炭酸化により粒子内部が緻密化されたためだと考えられる。

謝辞

本成果は、NEDO の委託業務 (JPNP21023) にて得られたものです。関係各位に感謝いたします。

参考文献

1) 西岡 他：湿式・乾式手法によるセメント硬化体微粉と再生微粉の炭酸化処理と CO₂ 固定量の評価手法に関する検討, セメント・コンクリート論文集, Vol.76, pp.503-511, 2022