

低品質再生細骨材の粒度に着目した炭酸化によるモルタルの改善効果の違い

芝浦工業大学 工学部 土木工学科

株式会社東京テクノ、芝浦工業大学 大学院

株式会社竹中工務店 技術研究所

芝浦工業大学 工学部 先進国際課程 兼務 土木工学科

○井上 優作

松田 信広

西岡 由紀子

伊代田 岳史

1. はじめに

温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルが世界規模で進められている。日本では2050年までにカーボンニュートラルを実現すべく、さまざまな取り組みがなされている。コンクリート分野では、製造時のCO₂排出量が多いセメントの使用量削減やコンクリートや骨材への中性化メカニズムを用いたCO₂固定などの検討が行われている。一方で、解体コンクリート塊から製造される再生骨材を利用することも、カーボンニュートラルのような循環型社会には重要である。ここで低品質な再生骨材では製造時のエネルギーやコストは低いものの、コンクリートに用いた際の強度や耐久性が低いことが知られている。このような低品質再生骨材を炭酸化させると、CO₂を吸着、固定ができ、カーボンニュートラルの実現の一助になると考えられ、さらに密度が大きくなり、吸水率が下がる¹⁾。また、これらを用いた硬化体では、低品質再生細骨材や、より品質の悪い再生細骨材を用いた場合に強度が大きく向上し、透気係数はより品質が悪い再生細骨材ほど改善することがわかって²⁾いる。これらの骨材はそれぞれ粒度分布が異なり、中でも、品質の悪い細骨材は微粒分が多いことから、炭酸化による改善効果の発現には、粒度の違いがポイントであると考えられる。そこで、どの粒度を炭酸化させると硬化体への改善効果が大きくなるか比較するため、本研究では、骨材の粒度の違いがモルタルの強度および透気係数に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と計画配合

モルタルの配合は水セメント比：50%，セメント：細骨材の質量比を3.0で一定とし、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。本研究で使用した再生細骨材の物性値を表-1に示す。再生細骨材はL規格の再生細骨材とその強制炭酸化させたものを使用した。モルタルに用いた細骨材の処理の内訳を図-1に示す。再生細骨材を5つの粒度にふるい分け、粒度ごとの質量差による影響の違いを小さくするため、それぞれ質量比20%に調整した。粒度をふった①～⑤では、それぞれの粒度範囲を

表-1 再生細骨材の物性値

規格	炭酸化	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率 (FM)	微粒分量 (%)
L	なし	2.24	2.00	12.01	3.11	8.6
	あり	2.31	2.13	8.47		

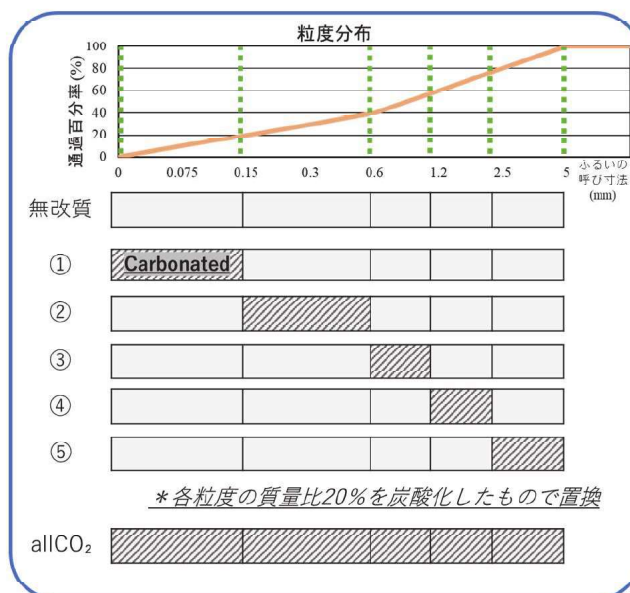


図-1 配合名、モルタルに用いた細骨材

部分的に強制炭酸化させ、細骨材の粒度の違いがモルタルの強度および透気係数に及ぼす影響を検討した。また、全粒度無改質のものと全粒度炭酸化させたものも同時に作製し、モルタルに及ぼす影響の違いを比較した。

2.2 試験項目

(1) 圧縮強さ試験

40×40×160mmのモルタルバーを用い、JIS R 5201に準拠し、水中養生28日において行った。

(2) 透気試験

28日間水中養生したφ100×25mmの円柱供試体を40℃乾燥炉にて質量が恒量となるまで静置した後、0.1MPaの圧力で空気を透過させ、その透気量を計測し、透気係数を算出した。

(3) ビッカース硬さ試験

圧縮試験後の供試体の破片表面を研磨紙#120~1200を

用いてターンテーブル上で仕上げ、細骨材界面のビッカース硬さを微小硬さ試験機にて計測した。細骨材端部から 20 μm 間隔で計測し、ビッカース硬さの計測値からおよその遷移帯厚さを算出した。

3. 試験結果および考察

3. 1 圧縮強さおよび透気係数

図-2 に圧縮強さ、図-3 に透気係数の結果を示す。骨材粒度の部分的な炭酸化では、圧縮強さは①～⑤で大きな変化はみられず、allCO₂ において大幅な改善効果がみられた。これは、部分的な炭酸化を骨材全量に対し質量比で 20%しか行っておらず、残りの無改質部分の影響が大きいからだと考えられる。一方で、透気係数は、①、②のような粒度範囲を炭酸化させた場合に改善効果がみられる傾向があるものの、allCO₂ の改善効果と比較すると、小さいことがわかる。このことから、骨材粒度の部分的な炭酸化では、径の小さい粒度範囲ほど、モルタルの透気係数が改善するものの、全粒度を強制炭酸化させた場合と比較すると、改善効果は小さいと考えられる。

3. 2 遷移帯

図-4 にビッカース硬さの結果を示す。ここで②、③、④の粒度を炭酸化させたものは同様な傾きであり、③の粒度のみ示す。どの配合も 40 μm 付近まで 80N/mm² より高く、骨材や付着ペーストであることが考えられる。粒度の細かい①では骨材から離れた場所において遷移帯の改善がみられ、粒度の粗い⑤では他と比べ、骨材付近にて遷移帯の改善がみられた。これらから炭酸化させる粒度によって遷移帯の改善メカニズムが異なると考える。粒度の細かい①を炭酸化させた場合では、微粒分がほとんど純粋な CaCO₃ に変化し、セメントペースト界面で水和促進することで遷移帯を改善していると考えられる。また、粒度の粗い⑤を炭酸化させた場合では、骨材周りの付着ペーストが改質し、吸水率が低下することで滲出する水量が減少し、遷移帯を改善していると考えられる。allCO₂ は全粒度を炭酸化させることで、どちらの改善も発生し、強度や透気係数の改善効果が大きくなると考えられる。

4. まとめ

- (1) 部分的な粒度範囲を強制炭酸化させた場合、どの条件においても、圧縮強さの改善はあまりみられず、①～⑤のいずれかの粒度範囲による大幅な影響はなかった。一方で、粒度が小さいほど、透気係数の改善効果が認められた。
- (2) 遷移帯の改善メカニズムは粒度の大きさにより異なると考える。粒度の細かいものはそれ自身が炭酸化により CaCO₃ に変化し、遷移帯の改善効果を発揮し、粒度の粗いものは炭酸化により付着ペーストが改質し、遷移帯の改善効果を発揮していると考えられる。

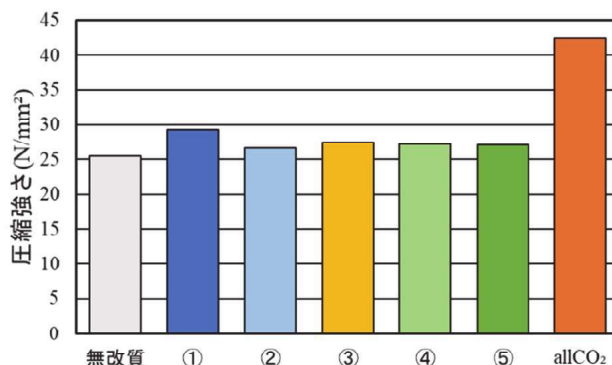


図-2 圧縮強さ

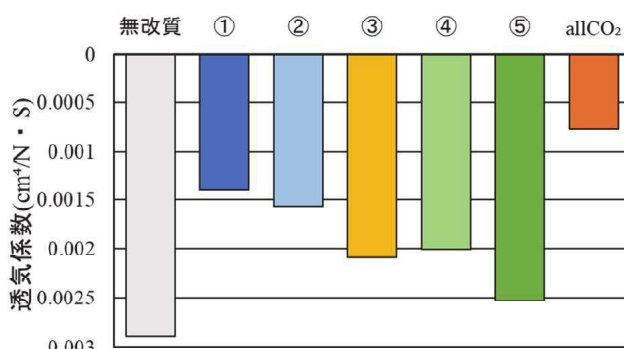


図-3 透気係数

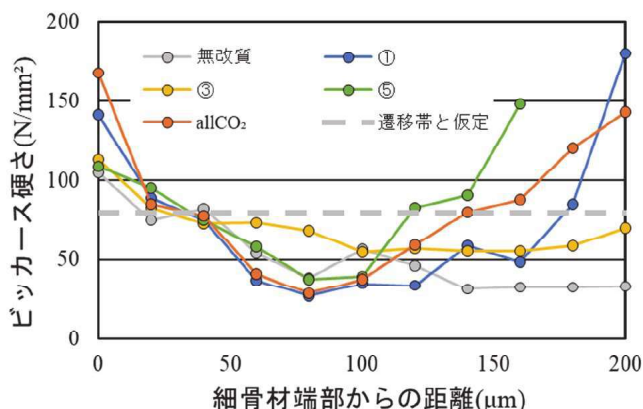


図-4 ビッカース硬さ

謝辞

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

【参考文献】

- 1) 松田信広ほか: CO₂ ガスの強制吸着による低エネルギー型再生骨材製造方法の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.36、No.1、pp.1732-1737、2014
- 2) 湯屋蓮ほか: 低品質再生細骨材を用いたモルタルの強度や耐久性向上方法の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.43、No.1、pp.965-970、2021