

低品質再生細骨材の改質手法の違いによるモルタルの改善効果に関する検討

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 社会基盤学専攻

株式会社東京テクノ、芝浦工業大学大学院 理工学研究科 地域環境システム専攻

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

池尾 陽作

伊代田 岳史

1. はじめに

低品質再生骨材は中・高品質再生骨材と比較してエネルギーやコストをかけずに製造でき、副産微粉末の発生が少ない。その一方で低品質再生骨材を使用したコンクリートは普通骨材を用いたコンクリートと比較すると強度が低く、乾燥収縮が大きいことが問題である。再生骨材コンクリートの普及を見据えた場合、特殊な製造装置を必要としない低品質再生骨材の改質技術が求められる。低品質再生骨材の改質技術としてこれまで筆者らは、CO₂ ガスを用いて再生骨材を強制炭酸化することで改質する方法¹⁾を提案している。これは再生骨材にCO₂ ガスを吹き付け、骨材の付着モルタルを炭酸化させることで、骨材の改質を図るものであり、再生細骨材は強制炭酸化による改善効果が大きいと言われている¹⁾。一般的に再生骨材は骨材の密度が高く吸水率が低いほど硬化体としたときの物性が高くなると報告されている²⁾が、これらは付着モルタル量や原骨材の種類、強制炭酸化の有無などに大きく依存する。

そこで本研究では再生細骨材の吸水率を改善させるべく骨材の強制炭酸化の日数、改質方法に着目し、同一の低品質再生細骨材を複数の手法で改質させたものを用意し、それら骨材の物性がモルタルの強度および耐久性に与える影響を検討した。

2. 使用骨材および骨材の改質

表1に本研究で使用した再生細骨材の物性値、図1に改質前後の骨材の絶対乾密度と吸水率の関係を示す。再生細骨材はL規格を外れた骨材を使用した。炭酸化期間や改質方法の違いによる影響を確認するため、以下の検討を行った。これらの改質により、再生細骨材はすべてL規格となった。ひとつは筆者らが従来行ってきた7日間強制炭酸化に加え、期間を延長し骨材を14、28、56日間強制炭酸化させた。炭酸化期間に着目すると7日間強制炭酸化させた場合と比較して、期間を延長させることで骨材の物性値がより改善していることがわかる。しかし、28日間と56日間では物性値がほぼ同値であることから、28日間で十分炭酸化していると考えられる。

次に、微粒分を予めカットした上で、炭酸水を用いた

表1 再生細骨材の物性値

骨材改質方法		表乾密度 (g/cm ³)	絶対乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
	なし	2.20	1.94	13.24
炭酸化期間	炭酸化7日	2.24	2.02	10.75
	炭酸化14日	2.27	2.05	10.59
	炭酸化28日	2.27	2.06	10.22
	炭酸化56日	2.27	2.06	10.26
炭酸化方法	微粒カット	2.24	2.01	11.46
	水中炭酸化	2.25	2.04	10.20
改質方法	CH含浸	2.23	1.98	12.59
	CH含浸+炭酸化7日	2.25	2.04	10.58

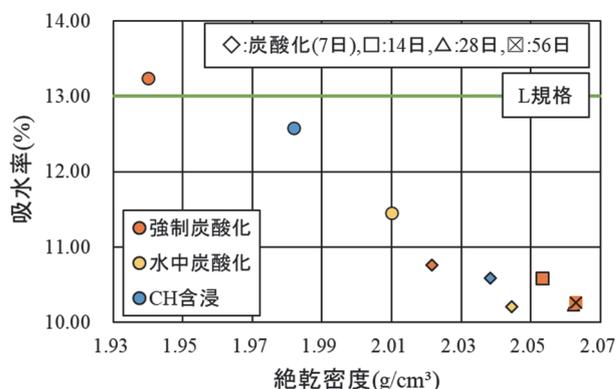


図1 改質前後の骨材の物性値

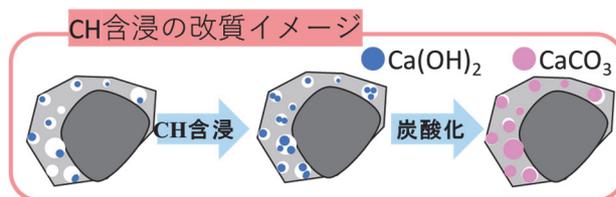


図2 CH含浸による改質イメージ

水中炭酸化を併せて行った。水中炭酸化においても同様に改善していることが確認できた。

さらに異なる改質方法として、骨材を水酸化カルシウム(CH)へ含浸させた。そして含浸させたのち7日間強制

炭酸化を行った。骨材を CH へ含浸させた場合、物性値は他と同様に L 規格となった。さらに 7 日間強制炭酸化した骨材は 7 日間強制炭酸化のみの骨材に比べ、物性値は改善した。CH 含浸による改善効果については以下のように考えられる。図 2 に CH 含浸による改質のイメージを示す。再生細骨材に CH を含浸することで、まず骨材の付着ペースト内の空隙に CH が浸透される。この再生細骨材を強制炭酸化することで、元から骨材の付着ペースト中に存在していた CH に加え、含浸した CH も炭酸化し、より改善効果が大きくなるのだと考える。本研究ではここで確認した吸水率を骨材の指標として、これら改質させた骨材を用いた硬化体物性を比較した。

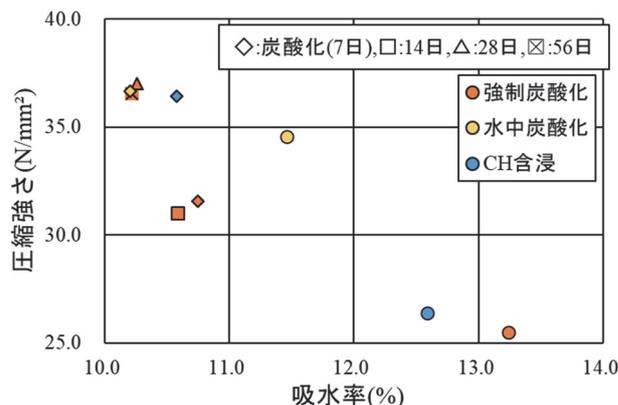


図3 圧縮強さ

3. モルタルにおける改善効果

3.1 配合条件

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。

3.2 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、28 日間水中養生し試験を行った。

(2) 透気試験

28 日間水中養生した φ100×25mm の円柱供試体を用いた。40°C、相対湿度 30% の乾燥炉にて質量が恒量となるまで静置した後、透気試験機にて 0.1MPa の圧力で空気を透過させ、その透気量を水上置換法で計測し、以下の式[1]より透気係数を算出した。

$$K = \frac{2LP_2}{P_1^2 - P_2^2} \times \frac{Q}{A} \quad [1]$$

ただし、K：透気係数 (cm⁴/(N・s))、L：供試体厚さ (cm)、P₁：透過圧力 (0.1N/cm²)、P₂：流出側圧力 (N/cm²)、Q：透気量 (cm³/s)、A：透気面積 (cm²)

3.3 試験結果および考察

図 3 に圧縮強さ、図 4 に透気係数の結果を示す。どの改質手法においても、吸水率が改善するとモルタルの物性値が向上する傾向を確認できた。

炭酸化期間に着目すると骨材の物性値と同様に 28 日間強制炭酸化した場合に改善効果が大きいことがわかる。筆者らは強制炭酸化技術としての期間をこれまで 7 日間としていたが、期間を延長し 28 日間強制炭酸化した場合がより効果的である。同様に水中炭酸化した場合は 28 日間強制炭酸化した場合とほぼ同様な改善効果が確認できた。しかし、水中炭酸化では前処理として付着ペースト量の多い微粒分をカットしており、その影響が考えられる。微粒分を残した上で水中炭酸化した場合の改善効果に違いがあるか検討すべきである。

改質方法の違いに着目すると、CH に含浸させた場合、

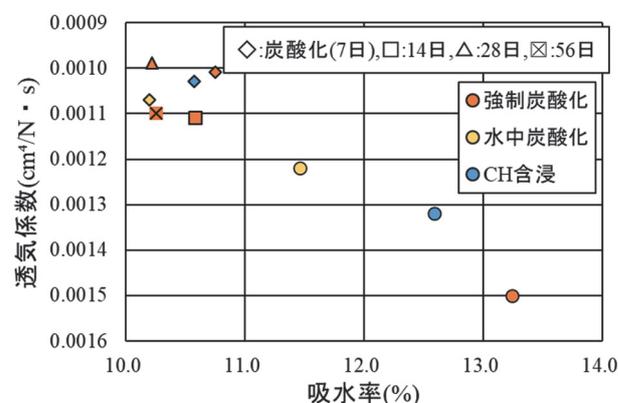


図4 透気係数

透気係数が改善した。さらに CH に含浸させ 7 日間強制炭酸化した場合は、強度、透気係数がともに大きく改善し、28 日間強制炭酸化のみの場合とほぼ同様の値を示した。以上よりモルタルの物性値には、炭酸化による吸水率の改善の影響が大きいと考えられる。今後は CH 含浸による改善効果が炭酸化期間を延長した場合に大きくなるのか確認する必要がある。

謝辞

本成果は、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(JPNP21014)を受け、革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技术及び評価技術の開発プロジェクトで得られた成果である。

【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) 清野昌貴ほか：吸水率が異なる再生粗骨材を使用したプレキャストコンクリート製品の積雪寒冷地での適用性、土木学会北海道支部論文報告集、No.71、2014