

強制炭酸化を行った低品質再生細骨材の CO₂ 吸収量と改質効果の定量化に関する検討

株式会社東京テクノ、芝浦工業大学大学院 理工学研究科 ○松田 信広
 芝浦工業大学大学院 理工学研究科 社会基盤学専攻 井上 優作
 芝浦工業大学 工学部 先進国際課程 兼務 土木工学科 伊代田 岳史

1. はじめに

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、コンクリートおよびその材料中にCO₂を吸収固定させる技術の検討が進められている。一方で、資源循環型社会の構築に向けて低品質再生骨材の普及が望まれる。しかし、低品質再生骨材は骨材自体の品質が低いことからコンクリートの適用範囲は限定されている。特に、再生骨材コンクリートの強度および耐久性は、一般に再生粗骨材よりも再生細骨材の影響を受けて顕著に低下することから、低品質再生細骨材の適用事例は極めて少ない。以上の背景から、今後の再生骨材コンクリートの普及には、低品質再生骨材の品質を改善（以下、改質）し、その一方で、CO₂を吸収固定できる技術が必要であると考えた。そこで筆者らは、強制炭酸化による再生骨材の改質技術を提案¹⁾した。この技術は、再生骨材にCO₂を強制的に吸収固定させることで、付着モルタルおよび付着ペースト中のセメント水和生成物を炭酸化させ、この化学反応によって生成したCaCO₃が骨材中の空隙を緻密にすることで再生骨材自体を改質する技術である。既報²⁾では、強制炭酸化による低品質再生細骨材の改質と、それを用いた硬化体の強度や物質移動抵抗性の改善を確認した。今後は、強制炭酸化による低品質再生細骨材のCO₂吸収量と硬化体の強度および耐久性の改善効果との関係を定量的に評価する必要があると考えている。そこで本検討では、様々な低品質再生骨材を用いて強制炭酸化による改質とCO₂吸収量との関係を確認し、その関係と低品質再生細骨材を用いた硬化体（以下、硬化体）の強度および透気係数の改善率との関係について確認した。

2. 再生細骨材の改質とCO₂吸収量

2.1 使用した再生細骨材

表1に本検討で使用した再生細骨材の物性を示す。原コンクリートは全て解体コンクリートである。この発生源は建築構造物であることから、セメント種類は普通ポルトランドセメントであると推測する。強制炭酸化は促進中性化装置において温度20℃、相対湿度60%、CO₂濃度5%の環境下で1週間行った。このとき、1日1回骨材をかき混ぜ、骨材全体にCO₂が行き渡るようにした。

表1 再生細骨材の物性

種類	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	粗粒率 (FM)	比表面積 (cm ² /g)	付着ペースト率 (%) ^{*1}
a	2.04	10.42	3.30	3.64	57.2	33.7
b	1.94	13.44	12.2	3.37	83.2	36.7
c	2.00	12.01	8.6	3.11	104.1	34.4
d	1.94	13.24	5.58	3.20	77.5	39.4
e	2.04	10.45	7.10	3.43	70.6	33.3 ^{*2}
f	1.94	13.03	6.90	3.45	72.0	37.2 ^{*2}

*1 塩酸溶解によって算出

*2 a~dの吸水率と付着ペースト率の関係から算出した推定値

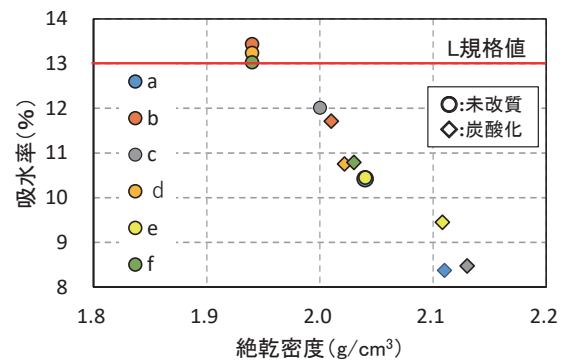


図1 炭酸化前後の再生細骨材の密度と吸水率の関係

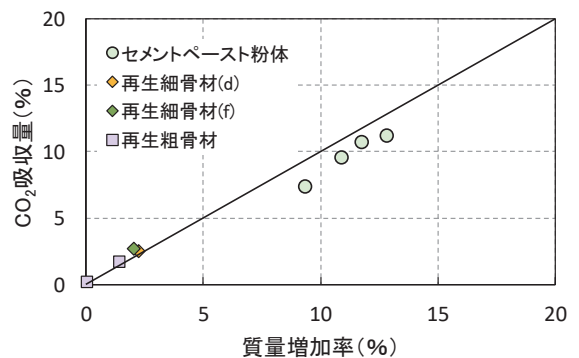


図2 質量増加率とTG-DTAによるCO₂吸収量の関係

2.2 再生細骨材の改質

図1に強制炭酸化前後の再生細骨材の密度と吸水率の関係を示す。強制炭酸化によって全ての骨材で密度および吸水率は改善し改質した。骨材毎の改質効果を比較すると、cが最も大きく、eが最も小さい結果となった。

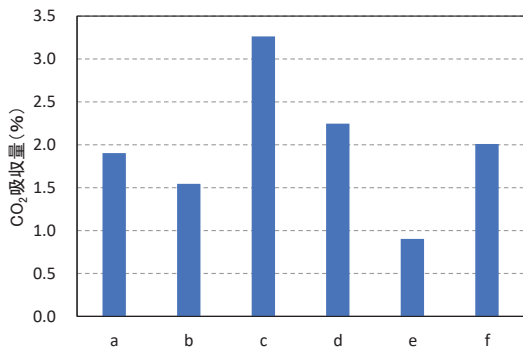


図3 質量増加率から推測した再生細骨材のCO₂吸収量

2. 3 再生細骨材のCO₂吸収量

検討にあたり、坂井らはCO₂吸収量の簡易な測定方法として炭酸化前後の質量増加率から評価する方法を提案³⁾している。そこで、再生細骨材dおよびfと2種類の再生粗骨材Lにおいて炭酸化前後の質量増加率とCO₂吸収量の関係を確認した。質量増加率は、密度・吸水率試験に際して測定した炭酸化前後の絶乾質量から算出した。CO₂吸収量は、サンプリングした再生骨材を全量微粉碎した試料を用いてTG-DTAによって測定し、試料質量に対する550~850℃における質量減少量の割合を炭酸化前後で差し引いた値とした。図2に質量増加率とCO₂吸収量との関係を示す。なお、図中には坂井³⁾らが実施したセメントペースト硬化体を微粉碎した粉体試料の結果も示している。試料数は少ないが質量増加率とCO₂吸収量は概ね1:1の関係であることがわかった。そこで、再生細骨材の質量増加率からCO₂吸収量を推測した。図3に質量増加率から推測した再生細骨材のCO₂吸収量を示す。CO₂吸収量はcが最も大きく、eが最も小さい結果であった。これは、cは比表面積が大きいことからCO₂吸収固定化能力が高い骨材であると考えられる。一方、eは比表面積がそれほど小さくなく、付着ペースト率も小さいことが推定されることからCO₂吸収量は他の骨材よりも小さいことが考えられる。

3. 再生細骨材のCO₂吸収量と硬化体の改質効果の関係

3. 1 硬化体の圧縮強さおよび透気係数

表1に示す強制炭酸化前後の低品質再生細骨材を用いて硬化体を作製し、圧縮強さおよび透気係数を確認した。硬化体の配合は、W/C50%の1:3モルタルとし、セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。図4に硬化体の圧縮強さおよび透気係数を示す。炭酸化によって全ての種類で圧縮強さおよび透気係数は改善した。

3. 2 再生細骨材のCO₂吸収量と硬化体の改質効果

図5に再生細骨材のCO₂吸収量と硬化体の圧縮強さおよび透気係数の改善効果の関係を示す。CO₂吸収量の大きいcは圧縮強さおよび透気係数の改善率も大きく、逆にCO₂吸収量の小さいeの改善率は小さい結果であり、

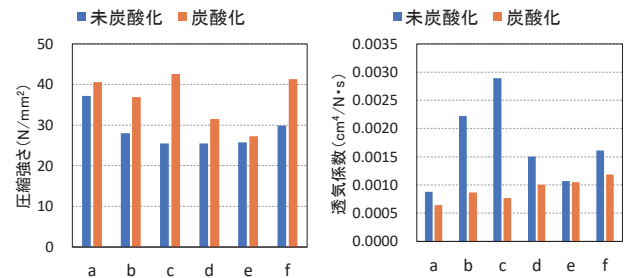


図4 硬化体の圧縮強さおよび透気係数

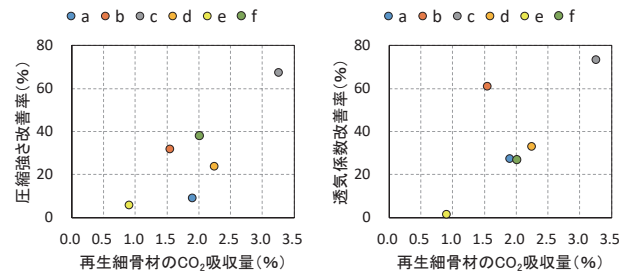


図5 再生細骨材のCO₂吸収量と硬化体の圧縮強さおよび透気係数の改善効果の関係

CO₂吸収量と圧縮強さおよび透気係数の改善率には概ね線形の関係が確認できた。以上の結果から、本検討で実施した強制炭酸化では、CO₂吸収量が多い再生細骨材を用いることで硬化体の強度および耐久性を改善できる可能性があることがわかった。また、今後は更にデータの蓄積が必要であるが、強制炭酸化前後の質量増加率を測定することで再生細骨材のCO₂吸収量と硬化体の改質効果を推測できる可能性があることが示唆された。

4. まとめ

- 1) 本検討で実施した強制炭酸化では、CO₂吸収量および改質効果が大きい再生細骨材を用いることで硬化体の圧縮強度および透気係数は改善した。
- 2) 強制炭酸化前後の質量増加率を測定することで再生細骨材のCO₂吸収量と硬化体の改質効果を推測できる可能性があることが示唆された。

【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文集、第30巻、pp.65-76 (2019)
- 2) 湯屋蓮ほか：低品質再生細骨材を用いたモルタルの改質方法の検討、第75回セメント技術大会、pp.114-115 (2021)
- 3) 坂井一貴ほか：セメント硬化体の水分保持状態によるCO₂吸着メカニズムの一考察、第76回セメント技術大会、pp.36-37 (2022)