

γ -2CaO・SiO₂の比表面積が炭酸化コンクリートの諸特性に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○取違 剛 小林 聖 関 健吾 渡邊賢三 坂井吾郎
デンカ(株) 正会員 森泰一郎
東洋大学 正会員 横関康祐

1. 目的

近年、炭酸化反応によるコンクリートへのCO₂固定がカーボンリサイクル技術として大きな注目を集めており、経済産業省が2020年12月に発表した「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においても、国が推進する政策の一つに取り上げられている。筆者らはこれまでに、 γ -2CaO・SiO₂（以下、 γ -C₂S）を普通ポルトランドセメントの一部に置換したコンクリートを高濃度のCO₂環境下で強制的に炭酸化養生することで、無置換のものと同程度の強度や空隙率を確保しつつ、大量のCO₂をコンクリートに固定できることを明らかにしてきた¹⁾。本検討では、 γ -C₂Sを用いたモルタルを対象に、炭酸化養生を行ったモルタルの諸物性に及ぼす γ -C₂Sの比表面積の影響を評価した。

2. 試験概要

使用材料を表-1に、モルタルの配合を表-2に示す。水結合材比W/B=45%で一定とし、 γ -C₂Sを結合材の50%置換した配合をベースとし、 γ -C₂Sのブレン比表面積（以下、ブレンと称す）を2,500, 4,000, 8,000cm²/gの3水準に設定した。容量10リットルのモルタルミキサにて90秒練り混ぜて、JIS R 5201およびJIS A 1128に準拠し、モルタルフローと空気量を測定した。フレッシュ性状確認後のモルタルを、 ϕ 50×100mmの型枠に詰めて供試体を採取した。打込みから1日間20℃、80%RHにて封緘養生を行い、その後脱型して、さらに1日20℃水中養生を行った。材齢2日にて水から取り上げ、温度50℃、湿度50%RH、CO₂濃度20%の環境で炭酸化養生を行った。材齢2日（炭酸化養生開始時）および材齢7日にてJIS A 1108に準拠して圧縮強度を計測し、材齢5, 7, 9日にてJIS A 1152に準拠して炭酸化深さを計測した。また、材齢7日にて炭酸化部を対象に水銀圧入式ポロシメータにて空隙率を計測した。さらに、 γ -C₂Sのブレン2,500, 8,000cm²/gを用いた配合については、無機炭素分析の手法²⁾を用いてモルタルへのCO₂固定量を計測した。

3. 試験結果

モルタルのフレッシュ性状を表-2に示す。 γ -C₂Sのブレンが大きくなるとモルタルフローがやや大きくなる結果となった。 γ -C₂Sは粒形が角張っていることから、ブレンが小さい場合には粒子同士のかみ合いによるフレッシュ性状の低下を引き起こす³⁾。ブレンを大きくすることでこのかみ合いが緩和され、モルタルフローに影響したと考えられる。また、 γ -C₂Sのブレンが空気量に及ぼす影響は小さいことが分かった。

材齢と炭酸化深さの関係を図-1に示す。ブレン8,000cm²/gの γ -C₂Sを用いると、炭酸化の進行が遅くなる結果となった。これは、 γ -C₂Sのブレンが大きい場合には、 γ -C₂Sの反応

表-1 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント：密度 3.16g/cm ³ ， 比表面積 3,310cm ² /g
混和材	γ -2500	γ -イカルシウムシリケート γ 相，密度 2.85g/cm ³ ， ブレン比表面積 2,500cm ² /g
	γ -4000	γ -イカルシウムシリケート γ 相，密度 2.85g/cm ³ ， ブレン比表面積 4,000cm ² /g
	γ -8000	γ -イカルシウムシリケート γ 相，密度 2.85g/cm ³ ， ブレン比表面積 8,000cm ² /g
細骨材	S	砕砂，密度 2.63g/cm ³ ，粗粒率 2.76
混和剤	AE	AE剤，変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-2 モルタルの配合とフレッシュ性状

記号	W/B* %	W/C %	単位量 (kg/m ³)				AE g/m ³	モルタル フロー mm	空気量 %
			W	C	γ -C ₂ S	S			
γ -2500	45	90	261	290	290	1326	58	150	5.0
γ -4000			261	290	290	1326	58	161	4.3
γ -8000			261	290	290	1326	58	172	4.7

*B=C+ γ -C₂S

キーワード：環境配慮型コンクリート，CO₂吸収コンクリート，炭酸化， γ -C₂S，CO₂固定量，比表面積

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6683

が促進されてモルタルの組織が緻密化した可能性を示していると考えられる。

そこで、 γ -C₂S のブレンと、炭酸化部における空隙率の関係を図-2 に示す。ブレン 8,000cm²/g の γ -C₂S を用いた場合に、空隙率が小さくなる結果となった。すなわち、 γ -C₂S のブレンを大きくすることで、CO₂ との反応が促進されて空隙が緻密化し、その結果、炭酸化が内部に進行しにくい結果になったと考えられる。

次に、ブレン 2,500cm²/g および 8,000cm²/g の γ -C₂S を用いたモルタルにおける、無機炭素分析にて得られた炭酸化部の CO₂ 固定量を図-3 に示す。これによると、ブレン 8,000cm²/g の γ -C₂S を用いたモルタルにおける CO₂ 固定量は、ブレン 2,500cm²/g の γ -C₂S を用いたモルタルに比べて 1.5 倍程度となった。 γ -C₂S のブレンを大きくすることは、コンクリートへの CO₂ 固定に対して非常に効果的であることが分かった。

最後に、本検討に用いた ϕ 50×100mm 円柱供試体の炭酸化深さを踏まえて、炭酸化領域を図-4 のように定義し、ブレン 2,500cm²/g および 8,000cm²/g の γ -C₂S を用いたモルタルの材齢 9 日における炭酸化領域での総 CO₂ 固定量を試算した。結果を図-5 に示す。同図には、図-4 に基づいて算出した炭酸化率を併記した。本検討の範囲においては、 γ -C₂S のブレンを大きくすることで、炭酸化率は小さくなるものの、モルタルとしての総 CO₂ 固定量としては多くなる結果となった。

4. まとめ

本検討の結果、 γ -C₂S のブレンを大きくすることで CO₂ との反応が促進され、炭酸化の進行が抑制されること、および CO₂ 固定量が増加することを明らかにした。今後、コンクリートの配合条件や、コンクリート製品の形状寸法などをパラメータとした検討を行い、炭酸化率を踏まえた総 CO₂ 固定量に及ぼす γ -C₂S のブレンの影響に関するデータを蓄積していく予定である。

参考文献

- 1) 取違ほか： γ -2CaO・SiO₂ を混入して強制炭酸化したセメント系材料による環境負荷の低減，セメント・コンクリート論文集，No.63，pp.161-167，2009。
- 2) T. Higuchi et al : Development of a new ecological concrete with CO₂ emissions below zero, Construction and Building Materials, Vol.67, pp.338-343, 2014.
- 3) 取違剛，渡邊賢三，横関康祐，坂田昇： γ C₂S を混和したコンクリートのフレッシュ性状および初期硬化性状，土木学会第 61 回年次学術講演会，5-182，2006。

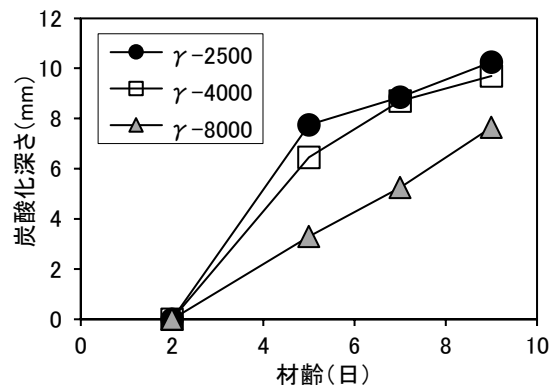


図-1 材齢と炭酸化深さ

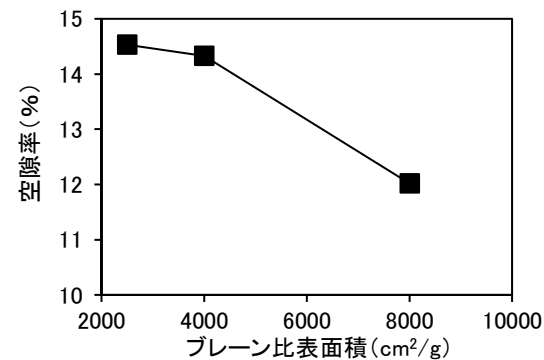


図-2 比表面積と空隙率

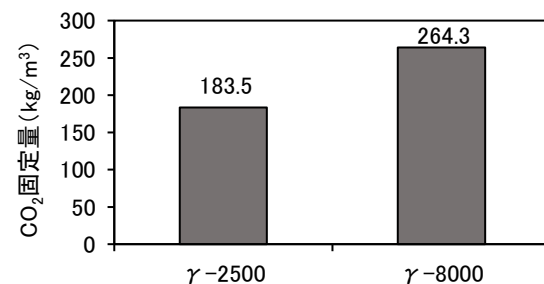


図-3 比表面積と CO₂ 固定量

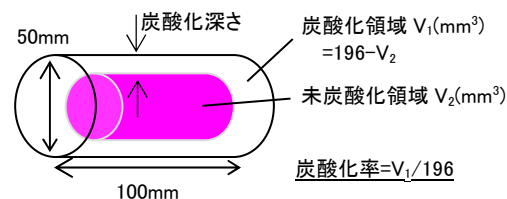


図-4 炭酸化領域の考え方

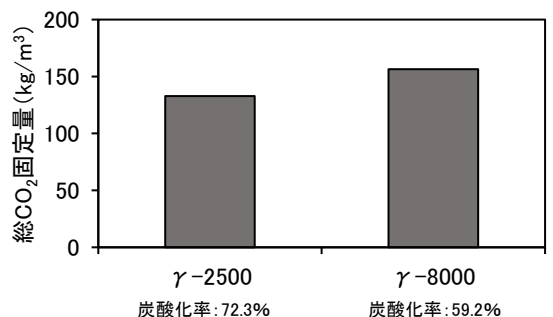


図-5 炭酸化領域を踏まえた総 CO₂ 固定量