

W/C やセメント種類が異なる配合における CO₂ 吸収量の定量化に向けた検討

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○八尋 瑠奈
元芝浦工業大学 小野寺 就
佐藤工業株式会社 正会員 小山 広光 正会員 藤原 正佑
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

近年、地球温暖化の対策として温室効果ガスの排出量と吸収量の総和を実質ゼロとするカーボンニュートラル社会の実現に向けた動きが高まっている。セメント分野ではセメント製造時の CO₂ 排出量が課題となっており、CO₂ 排出を削減する取り組みとしては高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材を高置換したセメントの利用が進んでいる。またコンクリートの炭酸化反応を利用した CO₂ 吸収技術が注目されている。CO₂ 吸収能力はセメント種類や配合中のセメント含有量により異なると考えられ、各種セメントを用いた場合の CO₂ の単位吸収能の定量化が必要である。また、セメント種類や W/C により CO₂ の浸透しやすさは異なることが知られており、セメント種類や W/C の異なる配合において CO₂ の吸収能力と CO₂ の浸透しやすさの両方を考慮した検討が必要であると考えられる。そこで本研究では、普通ポルトランドセメントに加え、高炉セメント A 種、B 種、C 種を用い、W/C を変化させた配合を使用した検討を行った。粉体試料を炭酸化させることで CO₂ 単位吸収能の定量化、硬化体試料を炭酸化させることで CO₂ の浸透しやすさを考慮した CO₂ 吸収量について検討を行った。

2. CO₂ 吸収能力

2.1 使用材料と配合

本研究では骨材の影響を排除するため、セメントペーストを用いた。配合を表-1 に示す。普通ポルトランドセメント (OPC)、OPC に高炉スラグ微粉末 (GGBS) を置換して試製した高炉セメント A 種 (BA, 30%置換) B 種 (BB, 50%置換) C 種 (BC, 70%置換) を使用した。W/C は 30, 50, 70%とした。

2.2 試験概要

セメントペーストをチャック付きポリ袋に打込み、7 日間封緘養生を施した。養生終了後、試料内部の条
キーワード CO₂ 吸収、炭酸化、セメント種類、高炉スラグ微粉末

表-1 セメントペーストの配合

No.	セメント種類	W/C (%)	単位量(kg/m ³)		
			W	OPC	GGBS
N30	OPC	30	487	1622	-
N50		50	612	1225	-
N70		70	689	984	-
BA30	BA	30	480	1120	480
BA50		50	606	849	364
BA70		70	683	683	293
BB30	BB	30	476	793	793
BB50		50	602	602	602
BB70		70	679	485	485
BC30	BC	30	471	471	1100
BC50		50	598	359	837
BC70		70	675	289	675

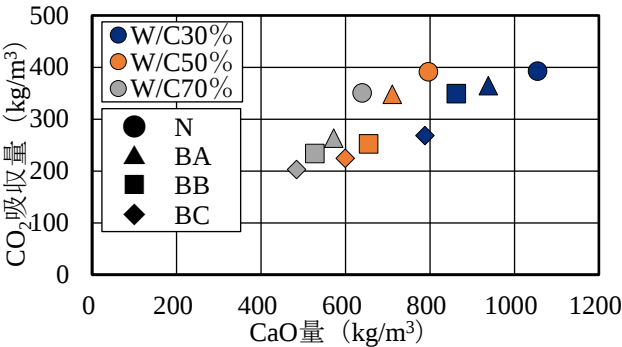


図-1 CaO 量と CO₂ 吸収量の関係

件を一定とするため 20℃、RH60%のグローブボックスで 21 日間調湿を行った。アセトンを用いて水和停止し、粉砕した後促進中性化槽 (20℃、RH60%、CO₂ 濃度 5%) で 7 日間炭酸化を行った。この際、既往の研究¹⁾を参考に乾燥による影響を防ぐため粉体試料に対して 70%の水を加えた後に炭酸化させた。示差熱分析 (TG-DTA) を室温から 1000℃まで、昇温速度 20℃/min、N₂ フロー環境下にて実施した。DTA 曲線の変曲点から脱炭酸量を推定し CaCO₃ 量を算出した。

2.3 結果と考察

図-1 に各配合におけるセメントペースト 1m³あたりの CaO 量と CO₂ 吸収量の関係を示す。CO₂ 吸収量は炭酸化前後の炭酸カルシウム量の差分を用いて算出した。CaO 量の増加に伴い CO₂ 吸収量は大きくなる傾向が認

められた。CO₂ 吸収量は使用するセメント中に含まれる CaO の量に依存することが示唆された。また、配合中に含まれる CaO 量を用いて算出した CO₂ 吸収量の最大値に対する実際の測定値の割合を CO₂ 吸収率として算出した。さらに、未炭酸化の試料を用いて 1000℃までの質量減少量を用い結合水率を算出した。図-2 に結合水率と CO₂ 固定化率の関係を示す。両者には正の相関が認められた。このことから、CO₂ 吸収量はセメント中の CaO 量の他に水和の程度が影響していることが考えられる。今後、より水和が進んだ状態での検討や水和物組成の分析等が必要であると考えられる。

3. 硬化体の CO₂ 吸収量

3.1 試験概要

硬化体の奥行方向に着目した CO₂ 吸収量の検討を行った。配合は N30, N50, BB50, BC70 を用いた。図-3 に試験概要を示す。40×40×160mm のセメントペーストを作製し打込み翌日に脱型した。脱型後 7 日間封緘養生を施し側面をアルミテープでシールし、40×40mm の面のみを解放した。促進中性化槽にて 28 日間促進炭酸化を行った後、解放面から 10mm 間隔で切断し、アセトンを用い水和停止処理を行った。試料中心を粉砕し TG-DTA により測定した。炭酸化と未炭酸化の CaCO₃ の生成量の差分を炭酸化割合とした。また同条件で作製した供試体を用いてアルキメデス法により空隙率を算出した。以上より切断した 40×40×10mm の試料あたりの CO₂ 吸収量を式 (1) により算出した。

$$\text{CO}_2\text{吸収量(g)} = \rho_b \times V \times (1 - \varepsilon) \times A \times \frac{44}{100} \quad (1)$$

ここで、 ρ_b : 嵩密度(g/cm³), V : 体積(16cm³), ε : 空隙率, A : 炭酸化割合(%)とした。

3.2 試験結果と考察

図-4 に試験体全体での CO₂ 吸収量を示す。N30 や N50 では表面から 10mm の試料においても CH の残存が確認された。一方で BB50 では 30mm, BC70 では 40mm まで達していた。中性化深さと同様に CO₂ 吸収深さも配合により異なることが明らかとなった。全体の吸収量は BC70, BB50, N50, N30 の順に大きくなった。内部位置まで CO₂ を吸収できるほど全体での吸収量も大きくなることが示唆された。BC70 は全体として最も吸収量が多くなったのに関わらず、1 層ごとの CO₂ 吸収量を比較すると BB50, N50 より小さくなった。これは 2 章にて示したように配合に含まれる CaO

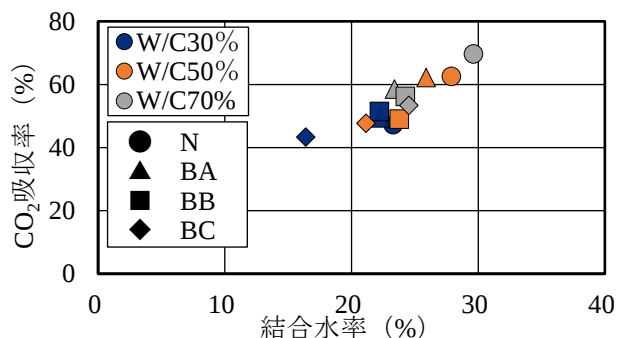


図-2 結合水率と CO₂ 吸収率の関係

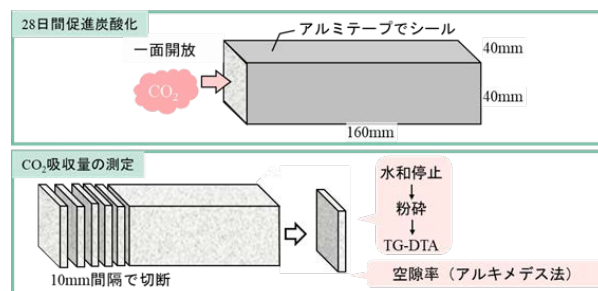


図-3 試験概要

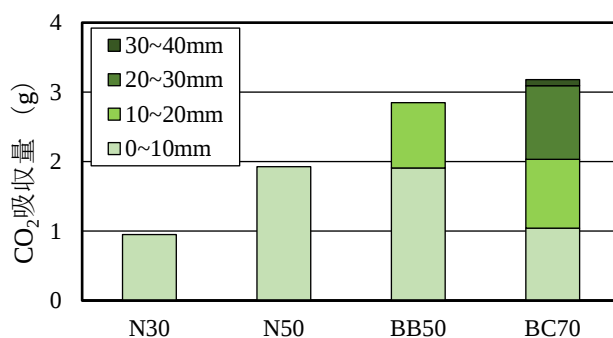


図-4 40×40×160mm 当たりの CO₂ 吸収量

量が少ないためであると考えられる。以上より、同一期間炭酸化を行った場合には CO₂ の浸透しやすさが CO₂ 吸収量に影響を与えることがわかった。しかし炭酸化期間を延長することでより内部まで CO₂ が浸透するため、今後さらなる検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

- 1) CO₂ の吸収能力が大きい配合であっても、空隙が緻密で供試体の深部まで CO₂ が浸透していない場合、全体としての CO₂ 吸収量は小さくなった。
- 2) CO₂ 吸収能力が小さい配合であっても CO₂ が深部まで浸透した場合、全体としての吸収量が多くなったが、今後炭酸化期間を延長した場合等更なる検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 坂井一貴, 池尾陽作, 伊代田岳史: 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 77 回セメント技術大会講演概要旨, 2022