

CO₂を注入した水酸化カルシウム溶液の練混ぜ水としての適用に関する検討

(株)大林組 技術研究所 正会員 ○新杉 匡史 正会員 桜井 邦昭 正会員 石関 嘉一
広島大学 大学院先進理工系科学研究科 社会基盤環境工学プログラム フェロー会員 河合 研至

1. はじめに

地球温暖化対策として CO₂ 排出量の削減が求められている。コンクリート分野でも、様々な技術開発が進められており、高炉スラグ微粉末などの混和材を大量に用い、セメント量の使用量を削減する技術¹⁾などがある。

一方で、より広範な利用にはコンクリートの製造時に CO₂を固定化させる技術開発も必要である。練混ぜ時にミキサー内に液化 CO₂ を噴射する取組み²⁾等もなされているが、研究事例は少ない。練混ぜ水に CO₂ を取り込む方法も有効と考えられるが、単に炭酸水を練混ぜ水に用いるだけではコンクリート中に CO₂ を固定化するのは困難である。一方で、Ca(OH)₂ は、CO₂ と反応し CaCO₃ を生成するため、溶液中に CO₂ を安定した状態で保存することが可能と考えられる。

そこで、本研究では Ca(OH)₂ 溶液に CO₂ を注入して CaCO₃ を生成し、溶液中に CO₂ を固定化したものを練混ぜ水として用いることに関して基礎的に検討した。具体的には、CO₂ を注入して CaCO₃ を生成した練混ぜ水を用いてセメントペーストを作製し、その CO₂ 固定量や圧縮強度を評価するとともに、空隙率を測定し、圧縮強度に及ぼす影響を考察した。

2. 試験概要

2.1 試験ケース

試験ケースとセメントペーストに用いた各材料の質量比を表 1 に示す。練混ぜ水には、Ca(OH)₂ 溶液に CO₂ を注入したもの、イオン交換水、粉末の CaCO₃ を水に添加させた溶液（以下、CaCO₃ 溶液）、Ca(OH)₂ 溶液以外のアルカリ溶液として NaOH ないし KOH 溶液に CO₂ を注入したものを用いた。

No.2 を除き、各材料の質量比 W_{mix}/C は 50%とした。W_{mix} とは、各アルカリ溶液に CO₂ を注入した後の練混ぜ水の質量である。No.6 の W_{mix} は、イオン交換水に粉末の CaCO₃ を添加した CaCO₃ 溶液の質量である。このため、No.3～8 では練混ぜ水に炭酸アルカリ塩を含んでおり、これによりセメントと炭酸アルカリ塩を合計した粉体に対するイオン交換水の質量比 (W/P) が No.1 と相違することになる。そこで、No.2 は No.4 および No.6 と同じ W/P=43%とした。

2.2 練混ぜ水の調製とセメントペーストの作製

各練混ぜ水は、イオン交換水に各試薬を添加して表 1 の濃度となるように調製した。その後、市販の炭酸水メーカーを用いて CO₂ を注入した。CO₂ 注入量は、溶液の

表 1 試験ケースおよびセメントペーストに用いた各材料の質量比

No.	練混ぜ水の種類	アルカリおよびCaCO ₃ の濃度(mol/L)	CO ₂ 注入量(g/L)	W _{mix} */C (%)	W/P** (%)	質量比				
						C	W _{mix}			
							W	CaCO ₃	Na ₂ CO ₃	K ₂ CO ₃
1	イオン交換水	—	—	50.0	50.0	100	50.0	—	—	—
2	イオン交換水	—	—	43.0	43.0	100	43.0	—	—	—
3	Ca(OH) ₂ 溶液0.5M+CO ₂	0.5	22	50.0		100	47.5	2.5	—	—
4	Ca(OH) ₂ 溶液1.0M+CO ₂	1	44	50.0	42.9	100	45.0	5.0	—	—
5	Ca(OH) ₂ 溶液2.0M+CO ₂	2	88	50.0		100	40.0	10.0	—	—
6	CaCO ₃ 溶液1.0M	1	—	50.0	42.9	100	45.0	5.0	—	—
7	NaOH溶液1.0M+CO ₂	1	22	50.0	46.3	100	47.5	—	2.5	—
8	KOH溶液1.0M+CO ₂	1	22	50.0	45.3	100	46.8	—	—	3.2

*W_{mix}(練混ぜ水) = W+ CaCO₃ **P(粉体) = C+ CaCO₃+Na₂CO₃+K₂CO₃

キーワード 水酸化カルシウム, CO₂ 固定, 練混ぜ水, 圧縮強度, 空隙率

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部 TEL 042-495-1065

質量が表1に示す量だけ増加することで確認した。

セメントペーストの練混ぜ方法は JIS R 5201「セメントの物理試験」に準拠し、モルタルミキサを用いて低速で 60 秒練り混ぜ後、高速で 30 秒練り混ぜた。

2.3 試験項目

試験項目は CO₂ 固定量、圧縮強度、空隙率とした。

CO₂ 固定量の測定試料は、材齢 7 日のセメントペーストをアセトンに 1 時間浸漬して水和を停止させた。その後、減圧下で乾燥して粉砕したものを用いた。測定には、熱重量示差熱分析装置 (TG-DTA) を用いた。窒素雰囲気下 (流量 200ml/min) で昇温速度 10°C/min で 1000°C まで昇温させた。TG-DTA 曲線において、550~800°C の温度範囲に表れる質量減少量から CO₂ 固定量を算出した。

材齢 3, 7, 28 日に JIS A 1108 に準拠して圧縮強度試験を行った。供試体寸法は $\phi 50 \times 100\text{mm}$ とし、試料採取の翌日に脱型し、所定の材齢まで 20°C で水中養生した。

空隙率の測定試料には、材齢 7, 28 日の試験体をアセトンにより水和を停止させた後、5mm 角程度の試験片に切削して凍結真空乾燥 (10Pa 程度) したものをを用い、水銀圧入式ポロシメータで測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 CO₂ 固定量

CO₂ 固定量の測定結果を表2に示す。イオン交換水は W/P を 50% とした試験ケース No.1 の結果を記載した。Ca(OH)₂ 溶液に CO₂ を注入した練混ぜ水を用いることで、イオン交換水の場合と比べて CO₂ 固定量が大きくなることが確認できた。

3.2 圧縮強度

圧縮強度の試験結果を図1に示す。Ca(OH)₂ 溶液に CO₂ を注入した練混ぜ水を用いることで、W/P50% のイオン交換水の場合と比べていずれの材齢でも高い強度が得られた。また、CaCO₃ 溶液を練混ぜ水に用いた場合と比較しても圧縮強度が増加していた。NaOH および KOH 溶液に CO₂ を注入した練混ぜ水を用いた場合は圧縮強度が著しく低下した。

3.3 空隙率

空隙率を測定した結果、Ca(OH)₂ 溶液に CO₂ を注入した練混ぜ水を用いることで、イオン交換水の場合と比べて空隙率が小さくなった。空隙率と圧縮強度の関係を図2に示す。両者の関係には相関が認められたため、圧縮強度の増加は硬化組織が緻密になったことが一因と考えられる。

表2 セメントペーストの CO₂ 固定量

No.	練混ぜ水の種類	CO ₂ 固定量の測定値(%)
1	イオン交換水	0.97
4	Ca(OH) ₂ 溶液 1.0M+CO ₂	2.52
6	CaCO ₃ 溶液	2.61

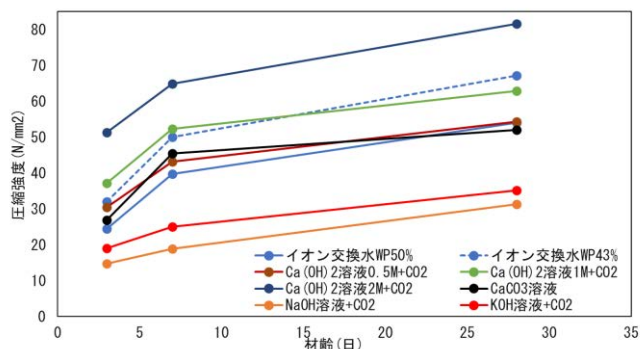


図-1 圧縮強度の試験結果

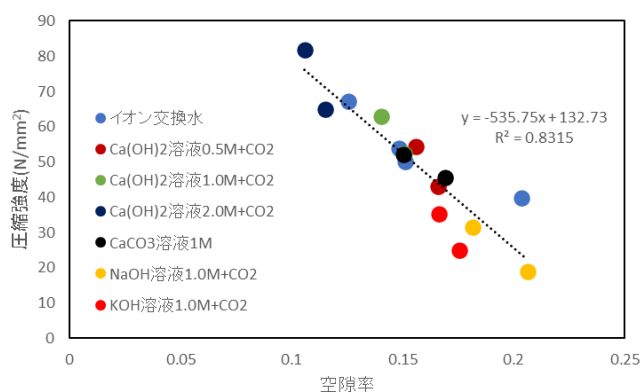


図-2 空隙率と圧縮強度の関係

4. まとめ

CO₂ を注入した Ca(OH)₂ 溶液を練混ぜ水として用いた場合の CO₂ 固定量や圧縮強度などを基礎的に検討した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) CO₂ を注入した Ca(OH)₂ 溶液を練混ぜ水に用いることで CO₂ 固定量が増大する。
- (2) CO₂ を注入した Ca(OH)₂ 溶液を練混ぜ水に用いたセメントペーストは、硬化組織が緻密化し圧縮強度が増加する。

参考文献

- 1) 溝渕麻子ほか：環境配慮型コンクリートの基礎的性質に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.33, No.1, 2011
- 2) 松元淳一ほか：コンクリート製造時に二酸化炭素を固定化させる技術，コンクリート工学，Vol.66, No.2, pp.138-144, 2023