

カルシウム系刺激材を用いた環境配慮型コンクリートの化学分析による最適配合の検討

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○荻野 正貴 正会員 宮原 茂禎 正会員 岡本 礼子  
 正会員 坂本 淳 フェロー会員 丸屋 剛

1. 目的

コンクリート分野においては、セメント焼成時に排出されるCO<sub>2</sub>がコンクリート材料全体の排出量の90%以上を占めており<sup>1)</sup>、その削減を目的として高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材を大量に使用したコンクリートの開発が盛んに行われている。著者らはセメントを使用せずに高炉スラグ微粉末を主たる結合材とし、消石灰や膨張材を刺激材とした環境配慮型コンクリートの開発を行っている<sup>2)</sup>。このコンクリートは強度、収縮や塩分浸透抵抗性、ASRへの抵抗性などにおいて高炉セメントB種を使用したコンクリート(以下、BBと称す)と同等またはそれ以上の性能が得られるが、中性化が若干速いなど、いくつかの課題が残されている<sup>3)</sup>。

本報では、この環境配慮型コンクリートの更なる耐久性の向上のために、水和後に残存する水酸化カルシウム量の増大や緻密な空隙構造の形成を目的とした。有効と思われる混和材を選定し、水和生成物や空隙構造を調査した。

2. 実験概要

使用材料およびペーストの配合を表-1 および表-2 に示す。環境配慮型コンクリート基本配合に加え、水和の促進やポゾラン反応による空隙構造の緻密化を期待し普通セメント(OPC)の添加やフライアッシュ(FA)の混和を行った配合、中性化の対策として、水和後に残存する水酸化カルシウム量がBBと同量となるように消石灰(CH)の増量を行った配合、比較用としてBBの配合を作製した。

ペースト試験体の練混ぜは卓上ミキサーにて行った。30秒の空練り後に注水し2分間練り混ぜ後、蓋付きのプラスチック容器へペーストを流し込み、ブリーディングがなくなるまで、葉さじで練り混ぜた。その後20℃の恒温室において材齢7日、28日まで湿空養生した。養生後の試験体を粗粉碎しアセトンにより水和を停止した後、ペースト硬化体の評価とし

表-1 使用材料の仕様・品質

材料名	記号	仕様・品質
高炉スラグ微粉末	BFS	無水石こう内割り2%添加, 密度2.89g/cm <sup>3</sup> , ブレーン値4460cm <sup>2</sup> /g
膨張材	EX	石灰系膨張材, 密度3.14g/cm <sup>3</sup> , ブレーン値3500cm <sup>2</sup> /g
水酸化カルシウム	CH	特号消石灰, 密度2.8g/cm <sup>3</sup> , 600μm全通
石灰石微粉末	LSP	密度2.65g/cm <sup>3</sup> , 75μm80%通過
普通ポルトランドセメント	OPC	密度3.16g/cm <sup>3</sup> , ブレーン値3310cm <sup>2</sup> /g
フライアッシュ	FA	密度2.31g/cm <sup>3</sup> , ブレーン値4330cm <sup>2</sup> /g
高炉セメントB種	BB	密度3.04g/cm <sup>3</sup> , ブレーン値3780cm <sup>2</sup> /g
水	W	水道水

表-2 ペーストの配合比率(単位:mass%)

	環境配慮型 コンクリート 基本配合	OPC添 加配合	FA混和 配合	CH増 加配合	BB
BFS	77	77	73	74	
高炉セメントB種					100
EX	6.9	6.9	6.9	6.7	
CH	7.3	6.9	7.3	10.8	
LSP	8.6	8.6	8.6	8.3	
OPC		0.39			
FA			3.8		
Water	36	36	36	35	55
W/(BFS+FA)	0.465	0.465	0.465	0.465	0.550

て、粉末X線回折による水和物の同定、TG-DTAによる水酸化カルシウムの生成の定量、水銀圧入式ポロシメーターによる細孔径分布測定を行った。粉末X線回折とTG-DTA用の試料は微粉碎しアスピレーターにて乾燥させ、ポロシメーター用の試料は5mm立方程度に切断し、D-dry乾燥を行った。

3. 試験結果および考察

粉末X線回折による水和物の同定結果は、混和材の種類を変えても変化しなかったため、環境配慮型コンクリートとBBの水和物のみ図-1に示す。二水セッコウとβ-C<sub>2</sub>Sを除き、環境配慮型コンクリートとBBの水和物は同様であった。

キーワード 高炉スラグ微粉末, 膨張材, 石灰石微粉末, 熱分析, 空隙構造

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7231

TG-DTA により CH 量を定量した結果を図-2 に示す。CH 量は無水物換算して結合材 (BFS+FA) 量あたりの量として示した。基本配合における CH 量は 4~5% であり、BB の約半分ほどであった。CH 量は OPC や FA を加えても変化しなかった。CH 増加配合においては、CH 量は約 8% となり、BB には及ばないが基本配合よりも増加したため、中性化の進行の抑制が期待できる。ただし、CH 増加配合はペースト作製時に粘性が高くなった。そのため、コンクリートの施工性に関する検討も必要であると思われる。

水銀圧入式ポロシメーターによる測定結果を図-3,4 に示す。材齢 7 日では、環境配慮型コンクリートは細孔径分布のピーク径が BB と比べ小さくなっており、空隙構造が緻密になっていた。しかし、混和材や CH 量を増加した配合でも細孔径分布はほとんど変化しなかった。

材齢 28 日では、環境配慮型コンクリートの細孔径分布はあまり変化せず、BB の細孔径分布は大きく減少した。環境配慮型コンクリートと BB の空隙構造には差が見られず、混和剤や CH 量を増加した配合でも空隙構造は変化しなかった。

4. まとめ

本報では、主成分を高炉スラグ微粉末とした環境配慮型コンクリートの化学的特性について検討した。環境配慮型コンクリートの水和物は BB とほぼ同等であり、材齢 7 日の細孔径分布のピーク径は BB よりも小さくなった。TG-DTA により測定された CH 量は BB の半分程度であり、中性化への対策が必要だと考えられが、CH 量を増加することで、水和後に残る CH 量が増加することが確認できた。空隙構造は混和材を使用しても改善できなかった。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート技術シリーズ62，コンクリートの環境負荷評価(その2)，土木学会，2006
- 2) 宮原茂禎ほか：高炉スラグ微粉末とカルシウム系刺激材を使用した環境配慮型コンクリートの水和反応と組織形成，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，2013（投稿中）
- 3) 岡本礼子ほか：環境配慮型コンクリートの硬化物性について，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，2013（投稿中）

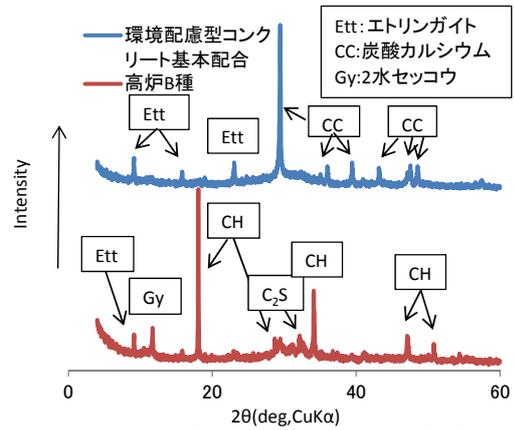


図-1 材齢 28 日の水和物同定結果

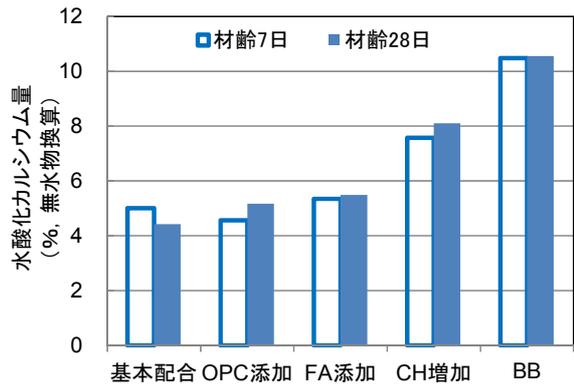


図-2 CH 量の定量結果

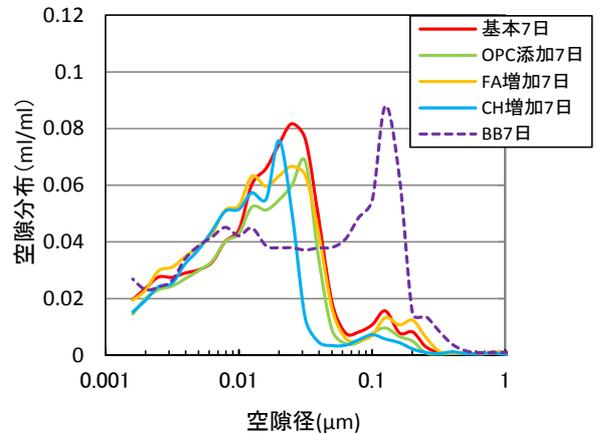


図-3 細孔径分布 (材齢 7 日)

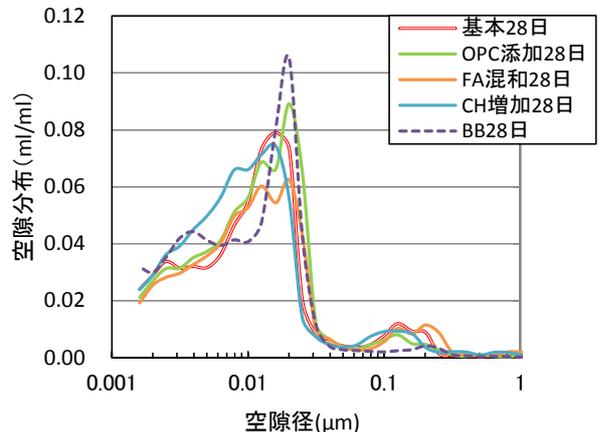


図-4 細孔径分布 (材齢 28 日)