

アルカリ刺激剤及び炭酸カルシウムが高炉スラグ微粉末の水和反応に及ぼす影響

芝浦工業大学 学生会員 ○中内 善貴
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史
 山口大学名誉教授 後藤 誠史
 帝京科学大学名誉教授 浅賀 喜与志

1. 背景および目的

潜在水硬性を有する高炉スラグ微粉末（以下 BFS と示す）はセメントに内割置換することでコンクリートの長期強度の改善や水和熱抑制に効果を発揮することが知られている。また、塩害やアルカリ骨材反応などの抵抗性が高いことから耐久性向上にも利用されている。しかし、BFS の反応は未解明な部分が多くその反応と強度発現の関係は未だ整理されていない。

そこで本研究では BFS の水和反応を理解するためにアルカリ刺激剤として消石灰と無水石膏を内割置換させ、BFS の潜在水硬性を調査した。BFS の水和率、空隙率、強熱減量値の経時変化を測定するとともに同一時期の圧縮強度を測定し、その関係を調査した。また少量混合成分として用いられる炭酸カルシウムを高炉セメントへ内割置換することによる初期強度の改善が報告されているため、本研究のようなセメントを使用しない系での水和や圧縮強度への影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 試験配合

作製した供試体は W/C 50%, S/C=3 の JIS モルタルとし、試製した粉体を表-1のように設定した。また、比較のため普通ポルトランドセメントを用いた供試体も作製した。

2.2 試験の流れ

材齢 3, 7, 14, 28, 56, 91 日に JIS に準拠したモルタルの曲げ試験 3 本ならびに圧縮強さ試験を 5 本実施し、それぞれの平均を強度とした。曲げ試験を実施した後の半分になった供試体 6 個の内 1 つを

100g 程度に切断し、アルキメデス法により空隙率を求めた。また、圧縮試験後の供試体を粗粉碎し、細骨材を分離するためにふるい目 150 μ m を全通する粉体を採取しアセトンにより水和を停止させ、強熱減量を測定し水和率を算出した。

強熱減量試験はアセトンに浸漬した試料を 40℃で十分に乾燥させ、700℃で 2 時間焼成することで、1g 当たりに結合する水分量を以下の式で算出した。

$$\frac{(\text{試料}) - (\text{強熱減量後の試料})}{(\text{強熱減量後の試料})} \times 100$$

なお、炭酸カルシウムの入った E, F の試料は、焼成中に炭酸カルシウムが脱炭酸することで強熱減量値に影響を及ぼすことから、脱炭酸分を次のように補正して結合水量を算出した。

$$\frac{(\text{試料}) \times 0.978 - (\text{強熱減量後の試料})}{(\text{強熱減量後の試料})} \times 100$$

表-1 試製粉体の混合比

	BFS	石膏	消石灰	炭酸カルシウム
A-1	99.875	0	0.125	0
A-2	99.550		0.450	
A-3	99.250		0.750	
A-4	98.000		2.000	
B-1	95.000	5.000	0.000	0
B-3	85.000	15.000	0.000	
C-1	94.875	5.000	0.125	0
C-2	94.550		0.450	
C-3	94.250		0.750	
C-4	93.000		2.000	
D-1	84.875	15.000	0.125	0
D-2	84.550		0.450	
D-3	84.250		0.750	
D-4	83.000		2.000	
E-1	89.875	5.000	0.125	5.000
E-2	89.550		0.450	
E-3	89.250		0.750	
E-4	88.000		2.000	
F-1	79.875	15.000	0.125	5.000
F-2	79.550		0.450	
F-3	79.250		0.750	
F-4	78.000		2.000	

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度の発現性について

図-1に消石灰を 0.125%と 0.75%添加した試製粉体の圧縮強度の経時変化を示す。材齢 3, 7, 14 日まではセメント単味の圧縮強度が大きかったが、材齢 28 日を超えると石こうを 15%添加した D-1, D-3, F-1, F-3 の配合でセメント単味より大きくなった。また、C と E, D と F を比べると炭酸カルシウムの有無によって圧縮強度には大きな違いは見られなかった。

また、図-2 は消石灰添加率 2.0%の圧縮強度の経時変化を示したが、そのほとんどの配合が材齢 7 日以降の圧縮強度発現が停滞する傾向にあった。

3.2 強熱減量値と圧縮強度の関係について

図-3 に一例として消石灰を 0.125%, 0.75%添加した配合における圧縮強度と強熱減量値の関係を示す。図-3 より強熱減量値が増加すると、圧縮強度が線形的に増加していることが分かる。特に石こうが 15%添加された D と F では強熱減量値と圧縮強度の値がともに大きい結果となった。この傾向は消石灰置換率 0.125%と 0.45%の添加した配合でも同様であった。

一方、図-4 は 2.0%消石灰を添加したそれぞれの関係を示しているが、強熱減量が増加しても圧縮強度が増加していない。これは、消石灰添加率 2.0%の配合においては、混和されている BFS の反応は進行しているが強度発現に至っていないと言える。この理由については、空隙構造やその他の観点から検討を加える予定である。

4. まとめ

高炉スラグ-無水石こう-消石灰の配合で反応させ強度発現を促すことに最適な配合は石こう 15%, 消石灰 0.125%を置換させた D-1 の配合と考えられる。また F-1, C-1 も初期強度は低いが材齢 28 日以降から強度の発現が大きくなっている。逆に消石灰添加率が 0.75%の C-3, D-3, F-3 は初期強度の発現が速いが停滞する時期も早い。

このことから消石灰は BFS に対して反応を促進させる役割を果たしているといえる。

また、無水石こうの置換率が高いほうが圧縮強度と強熱減量値が高いことから、無水石こうが BFS の水和に大きく関わっていることが分かる。

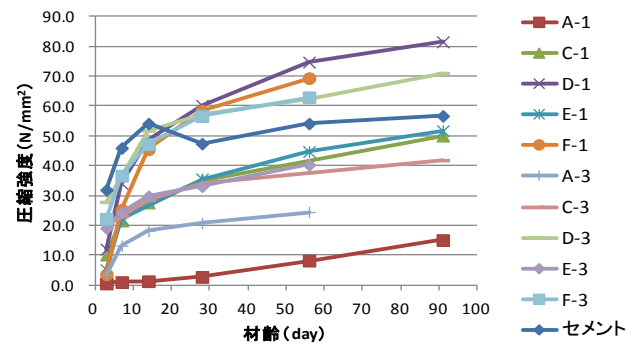


図-1 消石灰置換率 0.125%, 0.75%とセメントの関係

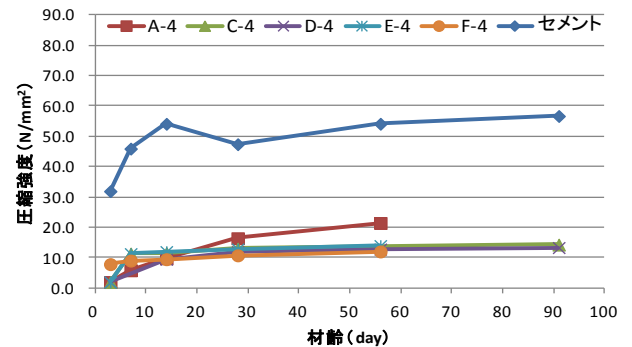


図-2 消石灰置換率 2.0%とセメントの関係

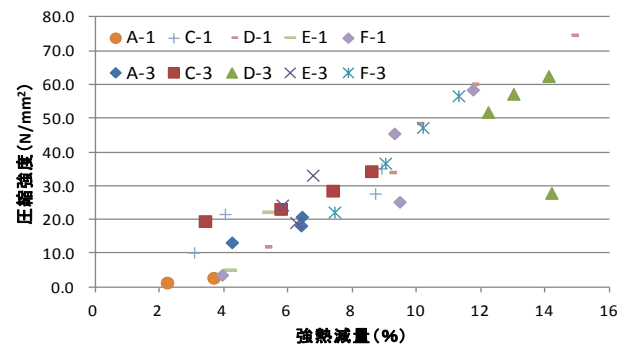


図-3 消石灰置換率 0.125%, 0.75%とセメントの圧縮強度と強熱減量値の関係

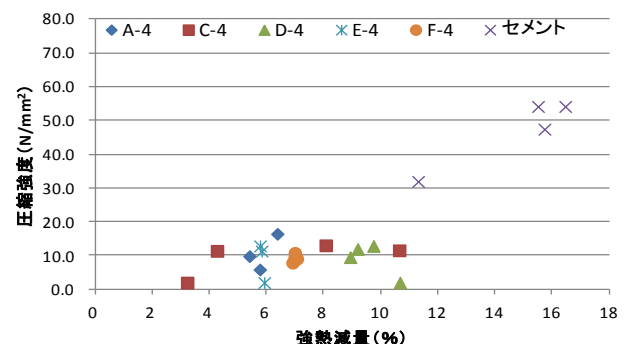


図-4 消石灰置換率 2.0%とセメントの圧縮強度と強熱減量値の関係

謝辞：本研究の一部は、科研費基盤研究(B)22360174（研究代表者:魚本健人）の成果であり、ここに感謝の意を記す。