

水ガラスを使用しないアルカリ活性材料モルタルの養生条件に関する研究

呉工業高等専門学校 学生会員 ○国実 雅紀
呉工業高等専門学校 正会員 三村 陽一
呉工業高等専門学校 正会員 堀口 至

1. はじめに

現在、セメント製造に伴う CO₂ 排出量は世界全体の総排出量の約 8%を占めており、地球温暖化への影響が危惧されている。その中で注目されているのがアルカリ活性材料(以下、AAM)である。AAM はアルカリ溶液と、Si、Al、Ca 成分を多く含有する材料(以下、活性フィラー)から生成される固化体の総称である¹⁾。AAM はセメントを全く使用せず、原料としてフライアッシュ(以下、FA)や高炉スラグ微粉末(以下、BFS)を大量に利用できるため、環境負荷の低減が期待されている。しかし、統一的な配合設計法がない点や、フレッシュ時の粘性が高く作業性に劣ることから、現状では普及に至っていない。本研究では、アルカリ溶液の一種で、高粘性の要因と考えられる水ガラスを使用せずに AAM モルタルを作製し、供試体の養生条件の違いが圧縮強度に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

本研究で用いた材料の一覧を表 1 に示す。活性フィラーには FA と BFS を所定の比率で混合したものを使用した。本研究のアルカリ溶液(以下、ASS)には、水ガラスを使用しておらず、水道水に苛性ソーダフレークを投入して作製した水酸化ナトリウム水溶液を使用した。また、細骨材(S)には砕砂を、混和剤(Ad)には既往の研究²⁾で、流動性および圧縮強度を高めることが確認されたセメントコンクリート用高性能減水剤(ナフタレンスルホン酸系)を使用した。AAM モルタルの配合条件を表 2 に示す。本研究では AAM モルタルの配合パラメータとして、アルカリ水比(A/W)を 0.10、単位水量 W を 240kg/m³、水結合材比(W/B、B=FA+BFS)を 0.40、Ad の添加率を 2%に設定した。Ad の添加率は活性フィラー質量に対する割合とし、2%はメーカーの定める標準使用量の最大である。BFS 置換率(vol%)は 30%あるいは 50%とした。表 2 の配合の AAM モルタルを用いて圧縮強度試験用の円柱供試体(直径 50mm ×高さ 100mm)を作製した。打設後、上面を二重のラップで封緘した状態で養生を行い、材齢 2、7、28 日で圧縮強度を測定した。各材齢の強度測定には 3 体の供試体を使用した。供試体の養生条件には、初期加熱を行わない常温養生(以下、常温型)と、初期加熱を行う加熱養生(以下、加熱型)の 2 種類の条件を設定した。常温型の場合、打設後に 20℃の養生室内で 24 時間の封緘養生を行い、材齢 1 日で脱型後は圧縮強度試験まで 20℃の水中で養生を行った。加熱型の場合は、打設直後から封緘状態で 24 時間の加熱養生

表 1 使用材料一覧

材料名	記号	規格等
フライアッシュ	FA	JIS II 種相当品 2.23 g/cm ³
高炉スラグ微粉末	BFS	比表面積 4000 cm ² /g 2.91 g/cm ³
アルカリ溶液	ASS	苛性ソーダ水溶液 5.49 mol/L (A/W=0.10 相当) 1.22 g/cm ³
細骨材	S	砕砂 2.62 g/cm ³
混和剤	Ad	高性能減水剤 (ナフタレンスルホン酸系) 1.19~1.23 g/cm ³

表 2 AAM モルタルの配合条件

記号	配合パラメータ						単位量(kg/m ³)				
	A/W (モル比)	Si/A (モル比)	W (kg/m ³)	W/B [*] (質量比)	BFS 置換率 (vol%)	Ad 添加率 (%) ^{**}	FA	BFS	ASS	S	Ad
A	0.10	0	240	0.40	30	2	385	215	293	1345	12.0
B					50		260	340		1379	

^{*}B=FA+BFS, ^{**}活性フィラー質量に対する割合

キーワード アルカリ活性材料, 水ガラス, 初期加熱, 常温養生, 圧縮強度

連絡先 〒737-8506 呉市阿賀南 2-2-16 呉工業高等専門学校 TEL0823-73-8476

(40℃, 60℃, 80℃)を行った。加熱終了後から材齢 2 日まで炉内で封緘養生とし、材齢 2 日で脱型後は 20℃の水中養生を行った。

3. 実験結果および考察

実験により得られた圧縮強度のうち、初期加熱を行わない常温型の AAM モルタルの圧縮強度を図 1 に示す。なお、本研究の常温型では各配合について異なる打設日で 3 度実験を行った。BFS 置換率 50% で一部低めの傾向があるものの、各材齢における圧縮強度は概ね同等だった。このような各材齢における圧縮強度の平均を点線で表している。() 内の数字は各材齢における配合 A (BFS 置換率 30%) に対する配合 B (BFS 置換率 50%) の圧縮強度の比率を表している。配合 B の AAM モルタルは配合 A の 1.2~1.6 倍の圧縮強度を示した。また、常温型の AAM モルタルは材齢の経過に伴い、継続的に圧縮強度が増加した。実験期間を通して継続的に強度が増加した理由として、材齢初期では BFS の潜在水硬性による強度発現が主体となり、材齢経過とともに FA 成分による硬化反応が徐々に進行することで、継続的に強度が増加したと考えられる。

初期加熱温度ごとの加熱型 AAM モルタルの圧縮強度を図 2 に示す。なお、比較対象として図 1 で示した常温型の圧縮強度の平均値を併せて示している。加熱型の AAM モルタルにおいては、初期加熱温度が高いほど各材齢における圧縮強度が高くなった。特に材齢 2 日においては初期加熱温度の違いによる強度の差が顕著であった。本研究のようにアルカリ溶液に水ガラスを用いない場合、縮重合反応に必要なケイ酸イオンの供給は活性フィラー由来のものみに依存すると考えられ、初期加熱温度を高くすることで FA に含有されているケイ酸イオンやアルミン酸イオンの溶出が促進されるため、初期加熱温度が高いほど圧縮強度も高くなったと推測される。一方で、配合 A (BFS 置換率 30%) の初期加熱温度 40℃ のものを除き、初期加熱を行った AAM モルタルの材齢 7 日や 28 日の圧縮強度は材齢 2 日のものと同等であり、材齢 2 日以降、圧縮強度は増加しなかった。常温型と加熱型の AAM モルタルの圧縮強度を比較すると、材齢 2 日時点では常温型の AAM モルタルの圧縮強度は加熱型のものより大きく下回っていた。しかしながら、材齢 28 日では、配合 A は 60℃ で初期加熱を行ったものと同程度、配合 B は 60℃ で初期加熱を行ったものを上回る圧縮強度を得られた。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 水ガラスを使用しない AAM モルタルにおいて、初期加熱温度を高くすることで材齢 2 日の圧縮強度は増加するが、それ以降ではほとんど強度増加しない。
- (2) 本研究で作製した初期加熱を行わない常温型の AAM モルタルは、材齢の経過とともに継続的に圧縮強度が増加し、材齢 28 日では 60℃ で初期加熱を行った AAM モルタルと同等かそれ以上の圧縮強度となる。

参考文献

- 1) 土木学会 コンクリート委員会：「新しいアルカリ活性材料を用いた低炭素社会におけるインフラ構築に関する研究」報告書，2022.3
- 2) 国実雅紀，三村陽一，堀口 至：ジオポリマーモルタルのフローおよび圧縮強度に及ぼす水ガラスと混和剤の影響，第 74 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，pp.345-346，2022

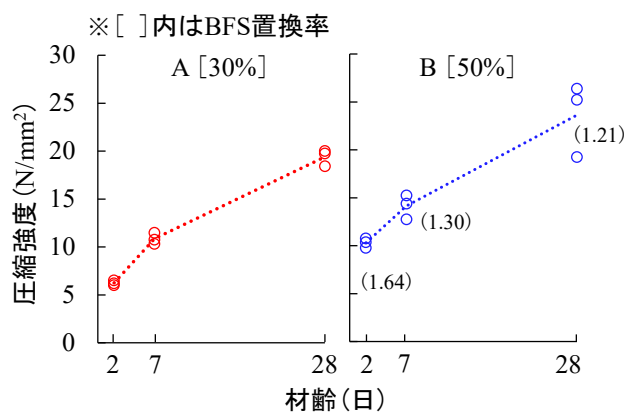


図 1 常温型の AAM モルタルの圧縮強度

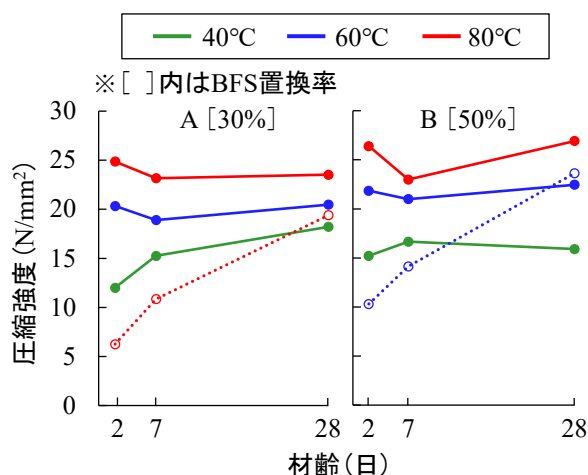


図 2 加熱型の AAM モルタルの圧縮強度