

NaOH の配合量がアルカリ活性材料モルタルの特性に及ぼす影響

JFE スチール(株) 正会員 ○田 恵太
 JFE スチール(株) 正会員 松永 久宏
 日本大学 正会員 吉澤 千秋
 東北大学 正会員 皆川 浩

1. 目的

アルカリ活性材料 (AAM) はポルトランドセメントを用いないため、製造過程で発生する CO₂ 排出量が少なく、環境負荷を低減できる低炭素型コンクリート材料として注目されている。しかし、乾燥収縮性や凍結融解抵抗性などの耐久性が低いことが課題となっている^{1),2)}。

本研究では、AAM の環境負荷をさらに低減しつつ、耐久性を高めるため、高炉スラグ微粉末 (GGBF) および高炉スラグ細骨材 (BFS) を用いた AAM の開発を検討した。本報では、NaOH の配合量が AAM モルタルの圧縮強度や凍結融解抵抗性に及ぼす影響を評価することを目的とした。

2. 実験方法

フライアッシュ (FA) は JIS A 6201 に規定される FA II種 (比表面積 4730 cm²/g) を用いた。GGBF には、JIS A 6206 の高炉スラグ微粉末 4000 (比表面積 4510 cm²/g) を用いた。シリカフェーム (SF) は SiO₂ の含有率が 96.0 質量 % の粉末を用いた。BFS は JIS A 5011-1 規定の BFS1.2 と BFS 5 を絶乾状態にしてから使用した。また、BFS との比較として硬質砂岩砕砂 (TSS) を用いた。アルカリ刺激剤には 48%濃度の水酸化ナトリウム (NaOH) を用いた。混和剤はオキシカルボン酸系の遅延剤 (Ad) を用いた。配合は表 1 に示す。総単位水量が一定となるようにして、NaOH の単位量を変化させた配合を設定した。供試体は型枠にモルタルを打ち込んだ後、封緘状態で 20 °C で静置し、24 ± 2 h 後に脱枠した。脱枠後の供試体は 7 日間水中養生し、その後に 20 °C, RH 60 % で養生した。No. 4 は締固めが完了した供試体を 20 °C で約 6 h 静置した後に、蒸気養生を行った。蒸気養生の条件は昇温速度 : 15 °C/h, 最高温度 : 65 °C で 3 h 保持, 降温速度 : 15 °C/h である。その後、20 °C, RH 60 % で保持し、練混ぜから 24 ± 2 h 後に脱枠し、所定の材齢になるまで 20 °C で水中養生した。塩水が作用する環境下での凍結融解抵抗性を評価するために、モルタル小片試験体を用いた塩水中での凍結融解による高炉スラグ細骨材の品質評価試験方法 (案) (JSCE-C 507-2018) で試験を行った。

表 1 NaOH の配合量がアルカリ活性材料モルタルの特性に及ぼす影響を評価するための配合

No	W/B (%)	GGBF:FA 体積比	単位量 (kg/m ³)										モルタル フロー(-)		空気量 (%)
			GGBF	FA	SF	W	NaOH	BFS1.2	BFS5	TSS	Ad	直後	5分後		
1	32.5	40:60	281	340	19	73	247	1263	0	0	19	218	258	3.7	
2			284	344	19	139	125	1277	0	0	19	204	208	4.5	
3			285	345	19	161	83	1280	0	0	19	162	163	4.9	
4			281	340	19	73	247	1262	0	0	19	203	224	3.8	
5			290	351	20	142	128	0	1305	0	20	254	285	2.9	
6			285	345	19	74	251	0	0	1282	19	229	275	1.2	
7			290	352	20	142	128	0	0	1305	20	243	272	1.3	
8			290	351	20	164	85	0	0	1302	20	202	202	2.1	

3. 実験結果

NaOH の配合量と AAM モルタルの圧縮強度の関係を図 2 に示す。NaOH が約 85 kg/m³ の場合、材齢 3 日では、型枠から取り出せず、強度がなかった。また、材齢 91 日は材齢 28 日より強度が下がった。NaOH

キーワード アルカリ活性材料, 高炉スラグ微粉末, 高炉スラグ細骨材, フライアッシュ, 凍結融解

連絡先 〒721-0945 広島県福山市鋼管町 1 JFE スチール株式会社 スチール研究所 TEL 084-945-4149

が約 125 kg/m^3 の BFS1.2 と BFS を用いた水準を比較すると、BFS5 の方が若干強度が低かった。BFS1.2 の方が粒度分布が細かいため、BFS5 より反応性が高いことが要因であると推定される。また、蒸気養生をした BFS1.2 を用いた水準の圧縮強度は材齢 3 日、7 日および 28 日で約 64 MPa 程度で蒸気養生をおこなっていない BFS1.2 を用いた水準の材齢 28 日の圧縮強度とほぼ同じであった。

NaOH の配合量が材齢 28 日の圧縮強度に及ぼす影響を図 2 に示す。TSS を用いた配合は、NaOH の配合量が減るにつれて強度が下がる傾向であった。一方、BFS1.2 を用いた配合は、NaOH 83 kg/m^3 の時の圧縮強度は低く、 124 kg/m^3 と 247 kg/m^3 の時の圧縮強度は同程度であり、NaOH の適切な配合量が存在するものと考えられる。

塩水環境下における AAM モルタルの凍結融解抵抗性を図 3 に示す。BFS1.2 を用いた配合で、NaOH の配合量 125 kg/m^3 の水準の質量残存率はサイクル数 14 回においても 96.7% であり、塩水環境下における凍結融解抵抗性が高いことがわかった。また、NaOH の単位量を 83, 247 kg/m^3 にすると質量残存率が低下した。これは NaOH の単位量が少ないと圧縮強度が低下することから、氷晶圧への抵抗力が小さくなるためと考えられる。また、NaOH の単位量が多いと、NaOH が過剰になり反応せずに、空気中の CO_2 と反応して空隙が増加するものと考えられる。一方、TSS を配合した水準はサイクル数 10 回で質量残存率がほぼ 0 となり、凍結融解抵抗性がなかった。BFS は NaOH と反応して骨材界面が緻密化して、空隙量の減少または空隙の連続性の低下により、塩化物の物質移動する経路が減少することであると考えられる。

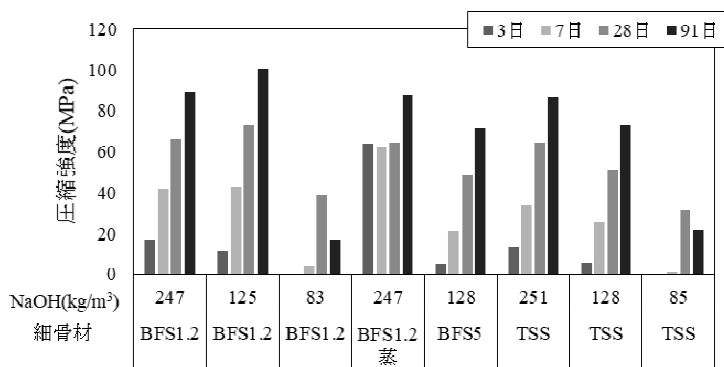


図 1 NaOH の配合量と圧縮強度の関係

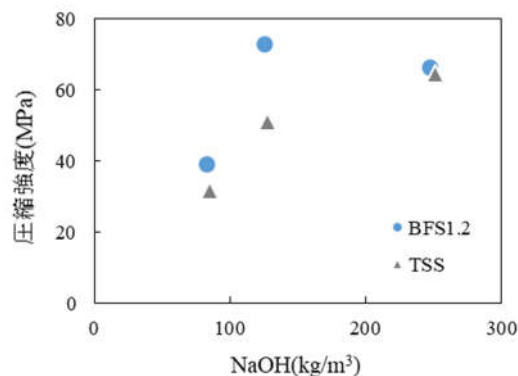


図 2 NaOH の配合量が圧縮強度に及ぼす影響

4. まとめ

AAM モルタルの圧縮強度は、BFS を用いた場合、NaOH が 125 kg/m^3 のときに高く、TSS を用いた場合は、NaOH の配合量を増やすと強度が高くなる傾向であった。また、塩水環境下における凍結融解抵抗性は、TSS を用いた配合は、どの配合もサイクル数 10 回のときにほぼ質量残存率が 0 %となり、凍結融解抵抗性がなくなった。一方、BFS を用いた配合では、NaOH を 125 kg/m^3 のときに質量残存率が高く、BFS が NaOH と反応して、骨材界面が AAM 化して緻密化することで塩化物の移動を阻害するものと考えられた。

参考文献

- 1) 原田耕司, 一宮一夫, 津郷俊二, 池田攻, "ジオポリマーの諸特性に関する一考察", Vol. 34, No. 1, pp. 1894-1899, (2012).
- 2) 南浩輔, 松林卓, 舟橋政司, "ジオポリマー硬化体の諸特性に関する基礎的研究", Vol. 35, No. 1, pp. 1957-1962, (2013).

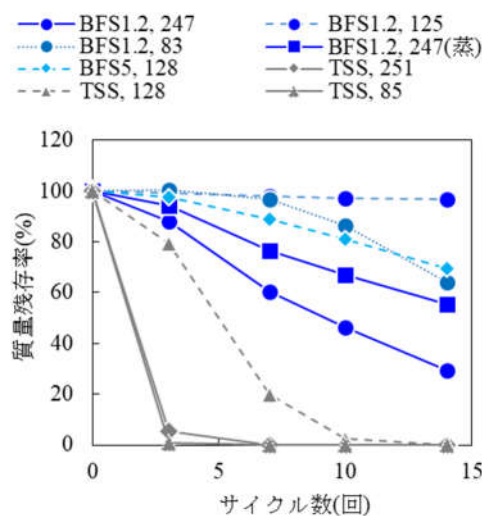


図 3 塩水環境下の AAM モルタルの凍結融解抵抗性