

混和材によるアルカリシリカ反応の膨張の抑制

九州工業大学大学院 学生会員 井野 潤也, 正会員 日比野 誠, 正会員 合田 寛基

1. はじめに

フライアッシュや高炉スラグ微粉末などの混和材がアルカリシリカ反応に対して抑制効果をもつことが知られており、アルカリ金属イオンの固定化による細孔溶液中のアルカリイオン濃度の低下、ポズラン反応やセメント量の低減によるCa(OH)₂の減少にもとづく抑制機構が報告されている¹⁾。一方、混和材を使用した場合、初期強度の低下や乾燥収縮の増大が懸念されるため、このような欠点を補う効果的な使用方法の検討が必要である。そこで本研究では、ASRの抑制効果の大きなフライアッシュに着目し、初期強度の低下を高炉スラグ微粉末で補強することを試み、混和材の組合せによるASRの抑制効果、強度特性および乾燥収縮の検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

使用材料の物性を表 - 1 に示す。反応性骨材には安山岩を用い、JIS A 1146 の粒度区分 A に適合するように粒度調整した。非反応性骨材には海砂を使用した。また、JIS に準じセメントに対する質量比が等価アルカリ量で 1.2% となるように水酸化ナトリウムを添加した。本実験では供試体の種類を 5 種類とした。配合を表 - 2 に示す。混和材を使用しない供試体の配合は、JIS A 1146 モルタルバー法に基づき設定した。混和材を用いた配合は ASR に影響を与える単位水量、細骨材量を一定とした。また、結合材の容積を一定としている。混和材の置換率は、フライアッシュで JIS A 種相当の 15%、高炉スラグ微粉末で JIS B 種相当の 43% とした。2 種類の混和材を使用した供試体における置換率は、それぞれフライアッシュは JIS A 種相当の 9%、高炉スラグ微粉末は JIS A 種相当の 20% の置換率としている。

(2) 試験方法

長さ変化試験は JIS A 1146 モルタルバー法に準じて行った。供試体寸法は 40×40×160 mm の角柱供試体を用いた。長さ変化測定にはダイヤルゲージを使用した。脱型時に金属製コンタクトチップを長手方向側面に標点間距離が 100mm±0.5mm となるように設置した。養生環境は 40±2℃、RH95% 以上とした。材齢 2 日から測定を開始した。

乾燥収縮試験は JIS A 1129 に準じて行い、の供試体寸法は 40×40×160 mm の角柱供試体とした。養生方法は材齢 7 日まで 20℃ の水中養生、以降は 20±2℃、RH60±5% の気中養生とした。長さ測定は、前段の長さ変化試験と同様とした。

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準じた。供試体寸法は φ 50×100mm の円柱供試体とした。養生方法は、材齢 2 日まで 20℃ の気中養生、以降 40±2℃、RH95% 以上の水中養生とした。試験材齢を 3, 7, 28, 91 日とした。

表 - 1 材料の物性

	略号	材料	性質
セメント	C	普通ポルトランドセメント	表乾密度 3.15g/cm ³
混和材	FA	フライアッシュ	表乾密度 2.20g/cm ³ 二種
	BFS	高炉スラグ微粉末	表乾密度 2.90g/cm ³ 4000プレーン
細骨材	SR	安山岩	表乾密度 2.58g/cm ³ 吸水率 2.24%
	SNR	海砂	表乾密度 2.58g/cm ³ 吸水率 1.53%

表 - 2 配合表

記号	W/B	W	C	BFS	FA	SR	SNR
	%	g					
NR	50	300	600	-	-	1350	-
FA	53		480	-	84		-
BB	52		330	249	-		-
BFA	52		420	110	42		-
NN	50		600	-	-		-

3. 実験結果

図 - 1 に膨張量の経時変化を示す。図 - 1 より、反応性骨材を使用し混和材を使用していない NR は、JIS A 1146 より測定材齢 91 日で 0.05% 以上膨張している。ASR により膨張している事がわかる。一方、混和材置換をした FA, FBA, BB は、NR と比較して膨張量が極めて小さい。混和材の種類による差は見られない。NR では ASR によって膨張し、FA, FBA, BB では混和材によって膨張が抑制されたと考えられる。本実験条件では、フライアッシュの一部を高炉スラグで置換した FBA でも ASR の抑制効果が確認された。

図 - 2 に各配合の乾燥収縮の経時変化を示す。BB は乾燥収縮の増大、FA は乾燥収縮を低減することが報告されている。しかし、図 - 2 より非反応性骨材を用いた NN と混和材を用いた FA, BFA, BB の乾燥収縮量に有意な差がないことがわかる。また、混和材の種類による相違も見られない。

図 - 3 に圧縮強度試験結果を示す。図 - 3 より、NR は材齢 28 日までは強度の増加がみられたが、材齢 91 日では材齢 28 日より強度が低下した。NR の強度低下は ASR の膨張によるものと考えられる。また、フライアッシュを使用した FA では、NN と比較して各材齢における強度が小さい。一方、FBA は NN と比較して材齢 91 日で同等の強度を示した。フライアッシュの一部を高炉スラグに置換した事で、強度が増加したのと考えられる。

図 - 4 に非反応性骨材を基準とした圧縮強度比を示す。図 - 4 より、FA と BFA を比較すると材齢 3、7 日で強度が 1.5 倍と強度が増加した。フライアッシュの一部を高炉スラグに置換して事で、初期強度が改善したのと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られたことを以下に示す。

- (1)セメントの一部をフライアッシュと高炉スラグとで置換した場合でも、ASR に対する膨張抑制効果が得られる。
- (2) 乾燥収縮量に関して、混和材を用いた供試体と非反応性骨材を用いた供試体とで相違は見られない。
- (3)セメントをフライアッシュと高炉スラグで置換することで、フライアッシュ単体で置換した場合に生じる初期強度の低下を改善でき、非反応性骨材を使用した場合とおおむね同等の強度を得ることができる。

参考文献

- 1)日本コンクリート工学協会：作用機構を考慮したアルカリ骨材反応の抑制対策と診断研究委員会報告書，pp.68-81，2008.9
- 2)土木学会：フライアッシュをもちいたコンクリートの施工指針(案)，第 94 号，平 11.4

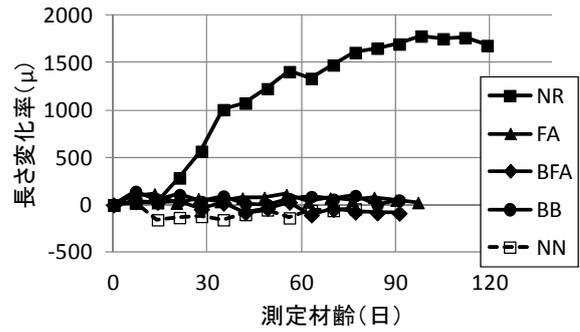


図 - 1 膨張量の経時変化

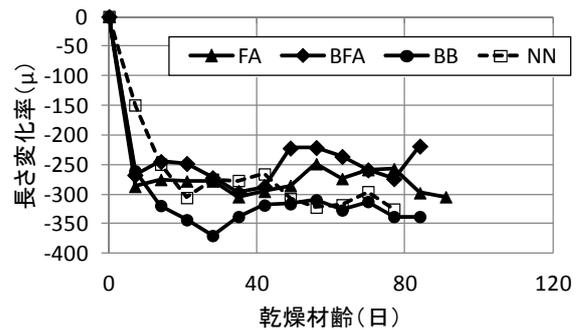


図 - 2 乾燥収縮の経時変化

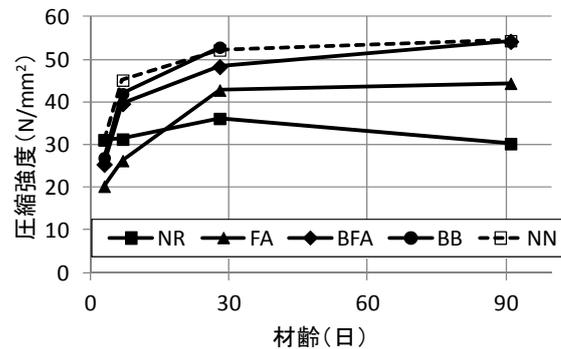


図 - 3 圧縮強度試験

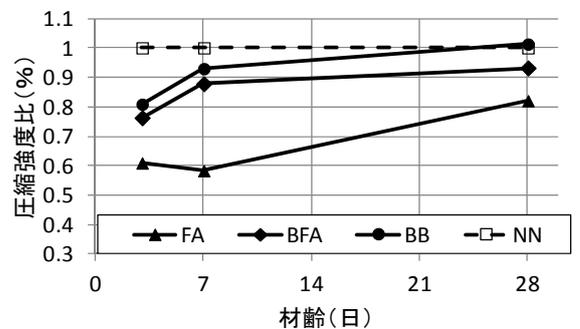


図 - 4 圧縮強度比