

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 末松 亮平, 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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、フライアッシュは除き、セメントと高炉スラグに含まれるアルカリ量を考慮し、供試体のアルカリ量が Na_2O 当量で7.2g となるように水酸化ナトリウムを添加した。この量はセメント単味の場合、セメント質量の 1.2%となるようにしている。

供試体の配合を表 - 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。細骨材の混合率は事前の検討により膨張率が最も大きくなるものとした。表 - 3 に混和材のセメントとの置換率を示す。混和材の影響をみるため、骨材と結合剤の体積を一定とした。また、供試体の体積を一定にするため水の量を一定とした。

(2) 試験方法

長さ変化試験は JIS A 1129 に準じて行い、転倒式コンパレータを使用した。供試体寸法は 40×40×160 mmの角柱供試体を用いた。養生環境は 40±2℃, RH95%以上とした。材齢 1 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、転倒式コンパレータを使用した。供試体寸法は 40×40×160 mmの角柱供試体とした。骨材には比反応性の骨材だけを用いた。養生方法は材齢 7 日まで 20℃の水中養生, 以降は 20±2℃, RH60%以上の気中養生とした。

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、20℃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	密度3.15g/cm ³ アルカリ量0.4%
混和材	FA	フライアッシュ	密度2.20g/cm ³ II種
	BFS	高炉スラグ微粉末	密度2.90g/cm ³ 4000プレーン アルカリ量0.5%
反応性骨材	S _R	安山岩	表乾密度3.15g/cm ³ 吸水率2.24%
非反応性骨材	S _{NR}	海砂	表乾密度3.15g/cm ³ 吸水率1.53% F.M2.90

表 - 2 配合表

供試体	W/P	W	C	BFS	FA	S _R	S _{NR}
	%	g					
N	50	300	600	—	—	270	1080
FA10	51		540	—	44		
FA20	53		480	—	84		
BA25	51		450	138	—		
BB50	52		300	276	—		
BFA1	52		342	210	21		
BFA2	53		390	138	42		
BFA3	53		432	72	63		

表 - 3 混和剤の置換率

供試体	BFS	FA
	%	
FA10	—	7.5
FA20	—	14.9
BA25	23.5	—
BB50	47.9	—
BFA1	36.6	3.7
BFA2	24.2	7.3
BFA3	12.7	11.1

3. 実験結果

図 - 1 に膨張率の経時変化を示す。図 - 1 より、混和材を用いていない供試体は膨張量が大きくなっている。それと比較すると、混和材を使用している供試体の膨張量は小さい。混和材の種類による差はあまり見られないが、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供試体でも ASR の抑制効果が確認された。

図 - 2 に乾燥収縮の経時変化を示す。高炉スラグは乾燥収縮の増大、フライアッシュ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 より混和材を用いていない供試体と混和材を用いた供試体の乾燥収縮量に有意な差がないことがわかる。また、高炉スラグだけを用いた供試体と、フライアッシュだけを用いた供試体を比較しても差は見られない。

図 - 3 に圧縮強度試験結果を示す。フライアッシュだけを使用した供試体は、混和材を用いていない供試体と比較して各材齢における強度が小さい。一方、混和材を組み合わせ使用した供試体は、7 日ではフライアッシュだけを用いた供試体よりも強度が高く、50 日を過ぎたあたりから高炉スラグだけを用いた供試体よりも強度が高くなっている。混和材を組み合わせることにより、強度が増加したものと考えられる。

図 - 4 に比反応性骨材を使用した供試体を基準とした圧縮強度比を示す。図 - 4 より、3, 7 日で強度が 1.3 倍程度増加した。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ものと考えられる。

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、フライアッシュを用いた供試体と、高炉スラグ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

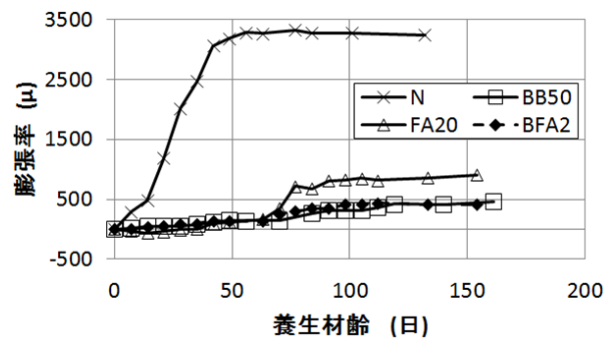


図 - 1 膨張量の経時変化

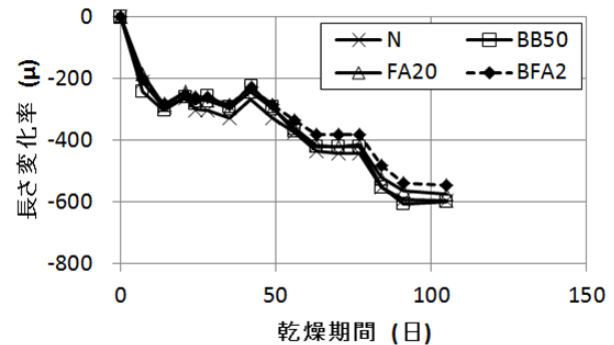


図 - 2 乾燥収縮の経時変化

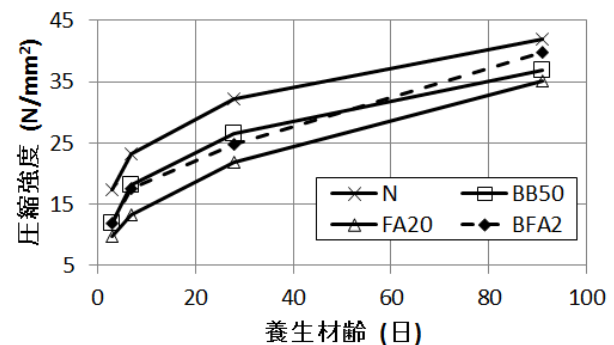


図 - 3 圧縮強度試験

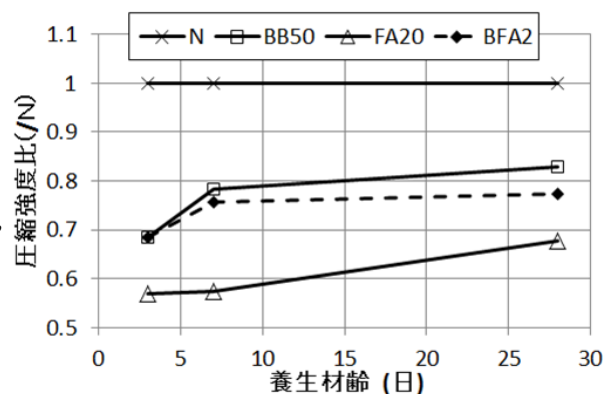


図 - 4 圧縮強度比