

フライアッシュとシリカフュームを併用した 高強度コンクリートの自己収縮低減

Reduction of Autogenous Shrinkage of High-Strength Concrete with Fly Ash and Silica Fume

室蘭工業大学 大学院工学研究科くらし環境系領域 正員 菅田 紀之(Sugata Noriyuki)
室蘭工業大学 大学院工学研究科建築社会基盤系専攻 ○学生員 小山 央 (Hiroshi Koyama)

1. はじめに

近年、環境問題について関心が高まっており、コンクリートについても産業副産物や廃棄物等の有効利用が進められている。その産業副産物であるフライアッシュは火力発電所で回収された石炭灰であり、年々排出量が増加傾向にある。これらの大半はセメント原料として利用されているが、コンクリート用混和材としても利用可能である。フライアッシュを混和材として用いた場合、流動性の向上、水和熱の抑制、化学抵抗性の向上等の利点が明らかとなっている。一方で、初期強度の低下、中性化促進等の欠点もある。このほかに、フライアッシュ混和の利点として、コンクリート製造に起因するCO₂排出量の削減効果があげられる。このフライアッシュを普通コンクリートに使用する研究は多く行われてきたが、初期強度低下の懸念から高強度コンクリートへの適用性に関する検討は少なく、実用例は

ほとんどない。

また、高強度コンクリートは、低水結合材比であることから、水和反応に伴う自己収縮の影響でひび割れ発生が予測される。このことから高強度コンクリートの自己収縮量の把握および自己収縮の低減が課題となっている。著者らは高強度コンクリートに混和材としてフライアッシュとシリカフュームを用いることにより自己収縮低減の可能性を示した¹⁾。その研究は水結合材比を25%としたものであった。

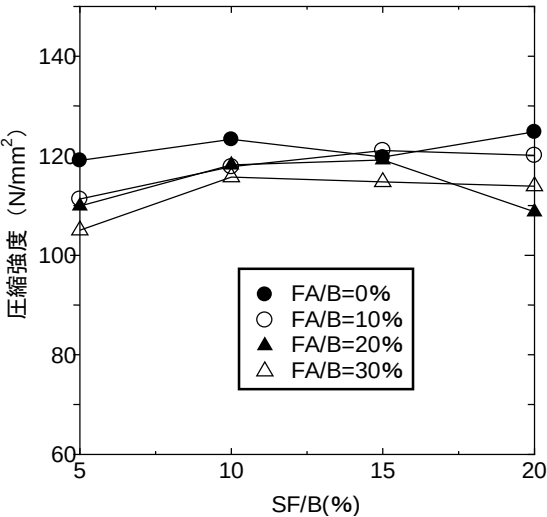
そこで本研究では、水結合材比を20%に設定して、高強

表-1 使用材料

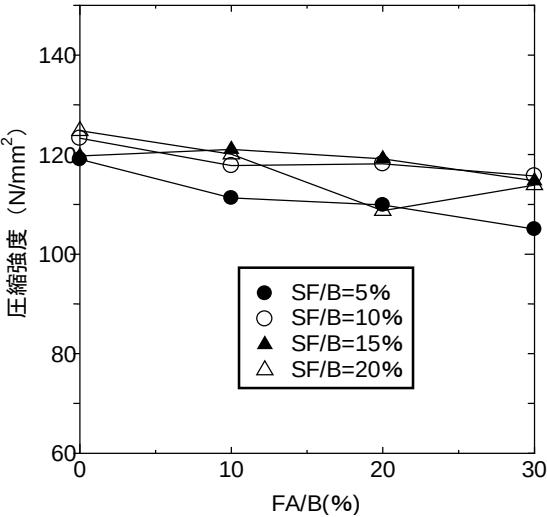
材料	特性等
セメント(C)	普通ポルトランドセメント
	密度:3.16g/cm ³
細骨材(S)	陸砂
	表乾密度:2.69g/cm ³
粗骨材(G)	砕石2005
	表乾密度:2.66g/cm ³
シリカフューム(SF)	JIS A 6201 II種
	密度:2.20g/cm ³
フライアッシュ(FA)	比表面積:3,990cm ² /g
	密度:2.20g/cm ³
	比表面積:200,000cm ² /g
高性能AE減水剤(SP)	ポリカルボン酸系

表-2 実験ケース

W/B(%)	FA/B(%)	SF/B(%)
20	0	5
		10
		15
		20
	10	5
		10
		15
		20
	20	5
		10
		15
		20
	30	5
		10
		15
		20



(a) SF/B と圧縮強度の関係



(b) FA/B と圧縮強度の関係

図-1 圧縮強度試験結果

度コンクリートにフライアッシュとシリカフュームを併用することによる自己収縮の低減効果を明らかにするために、圧縮強度および自己収縮特性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

本研究における使用材料を表-1 に示す。使用した材料は細骨材 (S) に陸砂、粗骨材 (G) に碎石 2005、結合材として普通ポルトランドセメント (C)、フライアッシュ (FA) およびシリカフューム (SF)、混和剤としてポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤 (SP) である。配合としては、水結合材比 (W/B, $B=C+FA+SF$) を 20%, フライアッシュ置換率 (FA/B) を 0%, 10%, 20%, 30%, シリカフューム置換率 (SF/B) を 5%, 10%, 15%, 20% とした。これらを組み合わせ 16 種類のケースで実験を行った (表-2)。目標スランプフローは 65cm, 目標空気量は 1.0% である。

2.2 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、直径 100mm, 高さ 200mm の円柱供試体を用いて行った。試験材齢は 28 日であり、養生温度は材齢 24 時間まで 20℃に制御された恒温室内で封緘養生、それ以降は 20℃の水中養生とした。試験はそれぞれの配合において 3 本の供試体で行い、その平均値から強度を算出した。供試体の端面処理は研磨機を用いて行った。

2.3 自己収縮試験

自己収縮試験は、直径 100mm, 高さ 200mm の円柱供試体を用いて行った。中央軸方向にひずみゲージを配置し、コンクリートをモールドに打込んだ直後から 20℃に制御された室内に設置した。計測は、28 日間行い、自己収縮ひずみを測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度試験結果

図-1 に圧縮強度試験結果を示す。図-1 (a) は、シリカフューム置換率 (SF/B) と圧縮強度の関係を示し、図-1 (b)

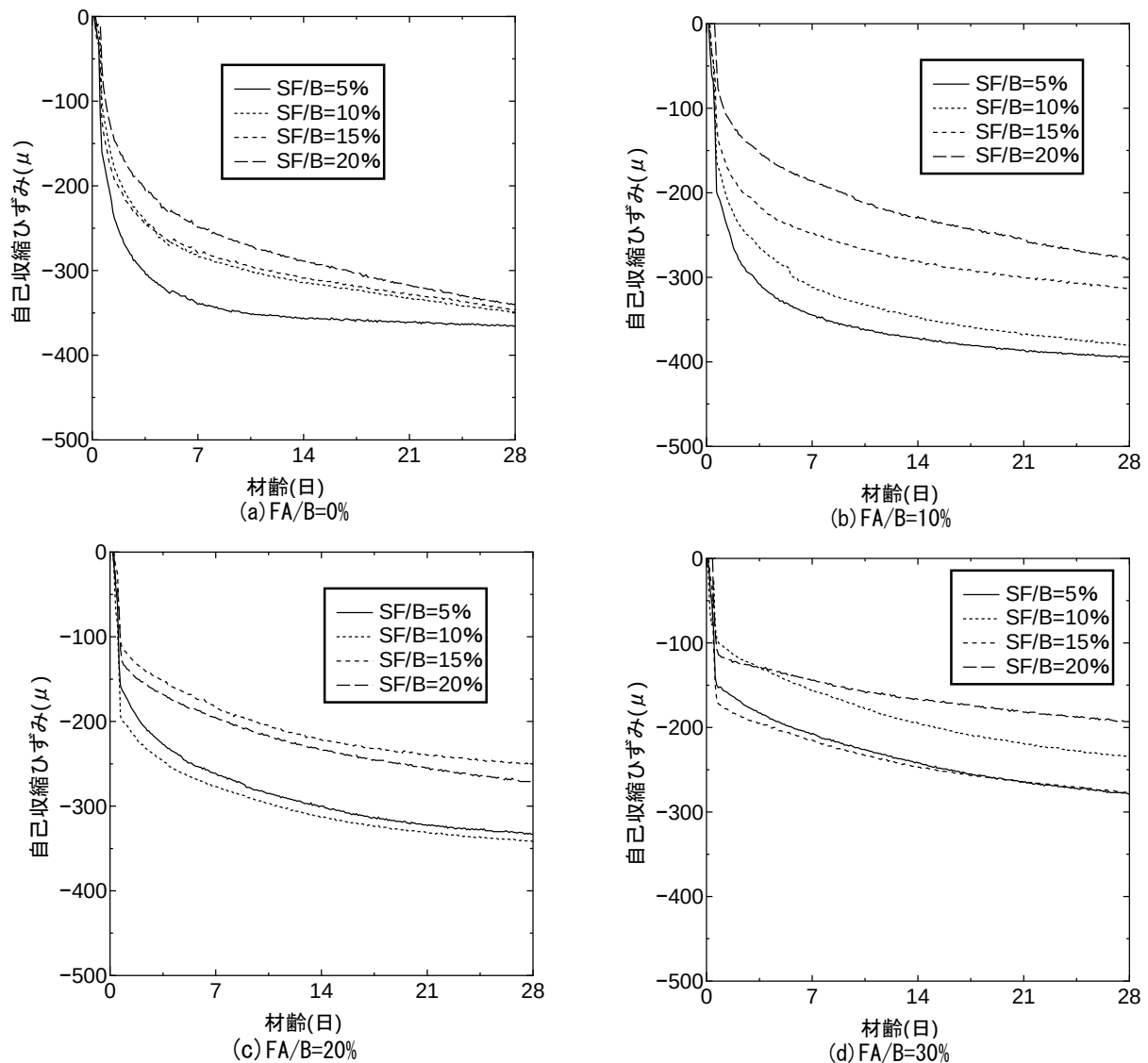


図-2 自己収縮試験結果

は、フライアッシュ置換率 (FA/B) と圧縮強度の関係を示している。図-1 (a) より、FA/B=0%の場合に傾向から外れているが、SF/B=10%および 15%の場合に強度が大きくなっていることがわかる。図-1 (b) より、フライアッシュ置換率が高いものほど強度が低くなる傾向があり、FA/B=30%における低下率は 10%程度である。

圧縮強度が最も大きかった配合は FA/B=0%, SF/B=20% のコンクリートで、強度は 125N/mm^2 となり、圧縮強度が最も小さかった配合は、FA/B=30%, SF/B=5% のコンクリートで、強度は 105N/mm^2 となった。

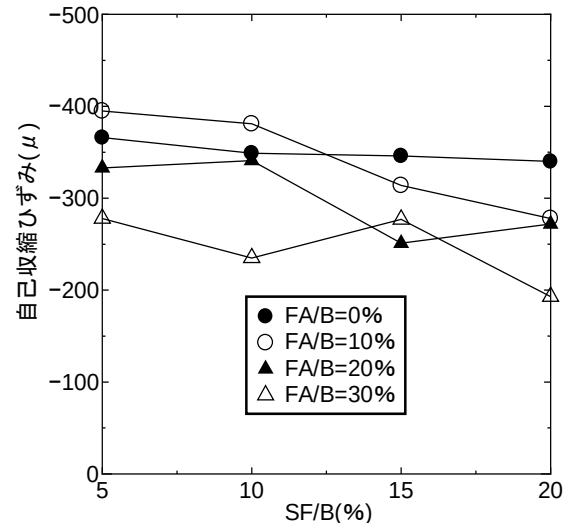
3.2 自己収縮試験結果

図-2 に自己収縮試験結果を示す。図-2 (a) の FA/B=0% では、シリカフェーム置換率が大きい程、自己収縮ひずみが小さくなっていることがわかる。そのシリカフェーム置換率による自己収縮ひずみの差は、経過日数 5 日程度まで大きくなり、その後小さくなり、28 日ではほぼ同程度となっていることが分かる。このことから、FA/B=0% においてシリカフェームが自己収縮ひずみに与える影響は少ないといえる。図-2 (b) の FA/B=10% では、FA/B=0% と同様にシリカフェーム置換率が大きい程、自己収縮ひずみが小さくなっている。また、材齢 28 日における SF/B=20% の自己収縮ひずみは SF/B=5% より、30% 程度小さくなっている。図-2 (c) の FA/B=20% では、SF/B=15% および 20% の自己収縮ひずみが SF/B=5% および 10% より 25% 程度小さくなっている。図-2 (d) の FA/B=30% では、SF/B=10% および 20% の自己収縮ひずみが小さくなっている。このとき、初期の自己収縮ひずみは SF/B=20% に比べ SF/B=10% の方が小さくなっている。これは、SF/B=20% の自己収縮ひずみは SF/B=10% より初期材齢で増加し、その後 SF/B=10% より緩やかに増加する傾向があったためである。この現象は SF/B=15% でも同様の傾向となっている。これは、高強度コンクリートの結合材に占める混和材が増加し、セメント量が減少したため水和反応が抑制されたことが原因であると考えられる。シリカフェーム置換率による自己収縮ひずみの差は、FA/B=0% では、材齢が増すにつれて小さくなっているが、他のフライアッシュ置換率では、自己収縮ひずみの差はほぼ一定で経過している。

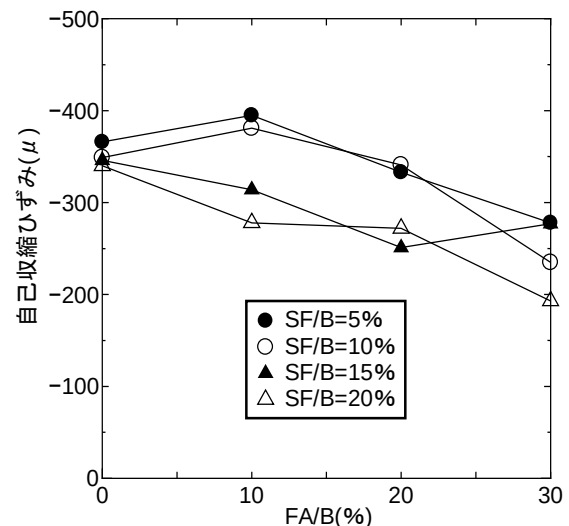
図-3 に、材齢 28 日の自己収縮ひずみを示す。図-3 (a) は SF/B と自己収縮ひずみの関係を示し、図-3 (b) が FA/B と自己収縮ひずみの関係を示している。図-3 (a) より、FA/B=0% では、シリカフェームの影響は少ないのに対して、他のフライアッシュ置換率では、シリカフェーム置換率の増加に従い、自己収縮ひずみが小さくなる傾向があることがわかる。図-3 (b) より、SF/B=5% および 10% において、FA/B=10% で自己収縮ひずみが増加しているが、フライアッシュ置換率が増加するに従い自己収縮ひずみ

が減少する傾向がある。

また、本研究の範囲では、FA/B=30%, SF/B=20% の場合に、自己収縮ひずみが最も小さくなり、一般的な高強度コンクリートの配合である FA/B=0%, SF/B=10% の自己収縮ひずみに対して約 40% 低減できた。



(a) SF/B と自己収縮ひずみの関係



(b) FA/B と自己収縮ひずみの関係

図-3 材齢 28 日の自己収縮ひずみ

4. まとめ

フライアッシュとシリカフェームの併用による自己収縮の低減効果を明らかにするために、圧縮強度および自己収縮について検討を行った。その結果、最大で 10% 程度の圧縮強度の低下はあるものの、水結合材比 20% におけるフライアッシュ置換率 30%, シリカフェーム置換率 20% の場合に自己収縮を約 40% 低減できた。

参考文献

- 菅田紀之, 三好友也, 井田翔: フライアッシュとシリカフェームを混和した高強度コンクリートの強度および収縮特性について, セメント・コンクリート論文集, No. 63, pp. 486-492 (2010)