

フライアッシュを混入した高強度コンクリートの収縮特性

Shrinkage Properties of High-Strength Concrete Using Fly Ash

室蘭工業大学大学院工学研究科 ○学生員 長枝健太 (Kenta Nagaeda)

室蘭工業大学大学院工学研究科 正 員 菅田紀之 (Noriyuki Sugata)

1. はじめに

近年、設計基準強度が 80N/mm^2 を超えるような高強度コンクリートの実用化が進んでいる。水セメント比を高くすることで高い強度を得ることができるが、それを起因とする高強度コンクリート特有の大きな自己収縮が構造物にひび割れを起こしてしまう問題が指摘されている。一方で、環境問題の観点より利用が進んでいる産業副産物であるフライアッシュは、コンクリートに混入することで自己収縮が小さくなるのが既往の研究よりわかっているが、セメント代替の内割混入とした結果であり強度が低下している。これに対し強度発現の起因となるセメント量を一定とし、混和材を細骨材代替として扱う外割混入する方法がある。

本研究では高強度コンクリートにおいて、セメント代替である内割混入と細骨材代替である外割混入を併用し、その強度特性および収縮特性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究において作成した高強度コンクリートの使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。結合材として普通ポルトランドセメント、フライアッシュおよびシリカフュームを用いた。フライアッシュは JIS II 種規格のものをを用いた。細骨材として陸砂、粗骨材として碎石を用いた。流動性確保のためにポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤、空気量調整のためにポリエチレングリコール系の消泡剤を用いた。

水結合材比(W/B, $B=C+SF+FA_i$, FA_i :内割フライアッシュ量)は 25 %, シリカフューム置換率(SF/B)は 10 %一定とした。フライアッシュ置換率は 0、20、40%とし、そのうち(内割,外割)を (0,0), (20,0), (10,10) (0,20), (40,0), (30,10), (20,20), (10,30), (0,40)のように 10%ずつ変化させて設定し、9 種類の配合とした。配合は FA 内割-外割 と表記する。目標スランプフローは 65 cm、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た。練混ぜ直後から材齢 24 時間まで 20℃の恒温室内にて封かん状態で保管し、脱型後 20℃の水中にて養生を続けた。試験材齢は 28 日のみとした。試験直前に研磨機により端面処理を行い、圧縮強度の値は供試体 3 本の平均値を用いた。

2.3 乾燥収縮試験

乾燥収縮試験は、直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体中央にゲージ長 120mm の埋め込み型ひずみゲージ

を配置し、ひずみの測定を行った。20℃の恒温室内で材齢 7 日まで封かん養生した後に脱型し、20℃、60 %RH の条件下にて測定を行った。なお、脱型後は上下面をアルミテープで覆い、乾燥面は側面のみとした。

2.3 自己収縮試験

自己収縮試験は、乾燥収縮試験と同様に直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体中央にゲージ長 120mm の埋め込み型ひずみゲージを配置して行った。練混ぜ直後から 20℃の恒温室内にて保管し、ひずみの測定を行った。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度試験結果

図-1に圧縮強度試験結果を示す。図はフライアッシュ無混入のものに対する強度比として表している。外割 0%一定で比較した場合、内割を大きくするほど圧縮強度が低下していることがわかる。これは既往の研究と同

表-1 使用材料

種類	性質等
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.16 g/cm^3
シリカフューム (SF)	ノルウェー産 密度 2.20 g/cm^3
フライアッシュ (FA)	苫東厚真発電所 密度 2.29 g/cm^3
細骨材(S)	陸砂 表乾密度 2.72 g/cm^3
粗骨材(G)	碎石 2005 表乾密度 2.68 g/cm^3
高性能 AE 減水剤 (SP)	ポリカルボン酸系 密度 1.10 g/cm^3
消泡剤(AF)	ポリエチレングリコール系

表-2 配合

	W/B	SF/B	FA/B	FA _i /B	FA _e /B
	(%)				
FA0-0	25	10	0	0	0
FA20-0			20	20	0
FA10-10				10	10
FA0-20				0	20
FA40-0			40	40	0
FA30-10				30	10
FA20-20				20	20
FA10-30				10	30
FA0-40				0	40

様の傾向である。また、内割 0%一定で比較した場合、外割を大きくすると強度が高くなる傾向にあった。これはフライアッシュ量が多くなるに従いフライアッシュのポズラン反応がより活発になり、細孔組織がより緻密化していったためであると考えられる。FA10-10、FA0-20、FA20-20 および FA10-30 についてはフライアッシュ無混入のものと同等の強度が得られた。

3.1 乾燥収縮試験結果

図-2に乾燥収縮試験結果を示す。試験期間 40 日までの乾燥収縮ひずみとの試験期間の関係を表している。外割 0%一定で比較した場合、内割が大きくなるほど乾燥収縮ひずみが大きくなっていることがわかる。内割 0%一定で比較した場合、外割が大きくなるほど乾燥収縮ひずみは小さくなっている。また、内割と外割の合計が一定の場合で比較すると、外割を大きくするほど乾燥収縮ひずみが小さくなる傾向にあった。以上の理由として、水和反応およびポズラン反応によるコンクリート内部の水分消費量が多くなり、残存する未水和水が少なくなったことで蒸発する水分量が少なくなったためであると考えられる。

3.2 自己収縮試験結果

図-3に自己収縮試験結果を示す。試験材齢 60 日までの自己収縮ひずみと材齢の関係を表している。外割 0%一定で比較した場合、内割が大きくなるほど自己収縮ひずみは小さくなっていることがわかる。これは、フライアッシュ混入によって水和反応が緩慢なものとなり、毛細管水が消費されにくくなったためであると考えられる。内割 0%一定で比較した場合、外割を大きくすることで若干ではあるが自己収縮ひずみの低下が見られた。以上より、フライアッシュを混入することで自己収縮ひずみを低減できると考えられる。また、内割と外割の合計が一定の場合で比較すると、外割を大きくするほど自己収縮ひずみが大きくなる傾向にあった。これは、水粉体比の低下により細孔組織が緻密化したためであると考えられる。

図-4に自己収縮ひずみと28日強度から求めた単位自己収縮ひずみと材齢の関係を示す。フライアッシュ無混入のものおよび同等の強度の得られた FA10-10、FA0-20、FA20-20、FA10-30 について比較した場合、以上のいずれの配合においてもフライアッシュ無混入のものより自己収縮ひずみが低減されていることがわかる。

4. まとめ

本研究ではフライアッシュを内割、外割混入したコンクリートについて検討を行った。まとめは次のようになる。

- (1) 内割混入・外割混入の併用により、フライアッシュによる圧縮強度の低下は改善できる。
- (2) フライアッシュの内割と外割の合計を一定とした場合、外割を大きくすると乾燥収縮ひずみは小さくなる。
- (3) 内割と外割を併用し強度低下が起こらないように

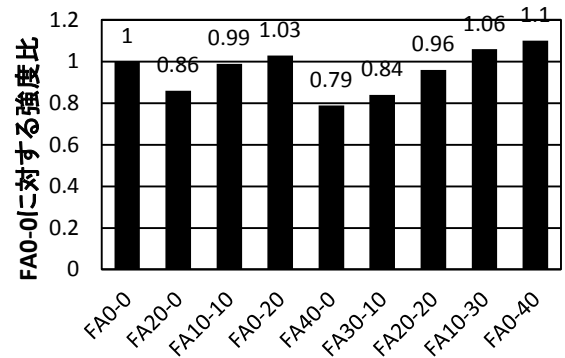


図-1 圧縮強度試験

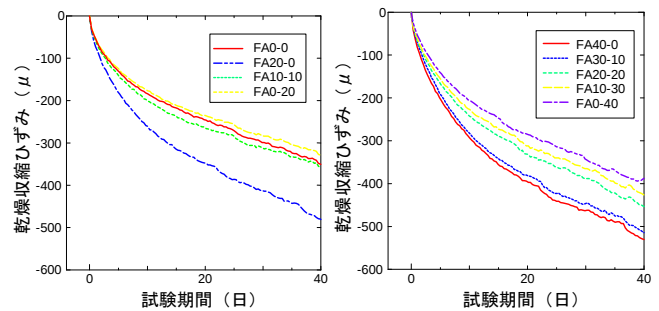


図-2 乾燥収縮試験

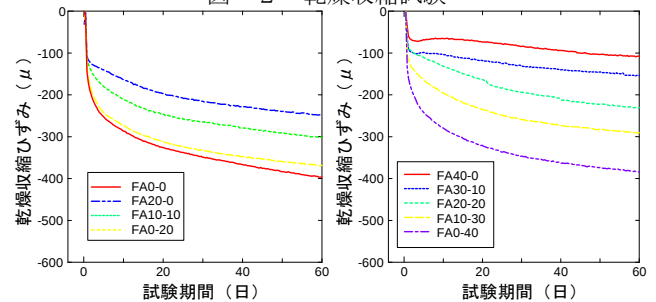


図-3 自己収縮試験

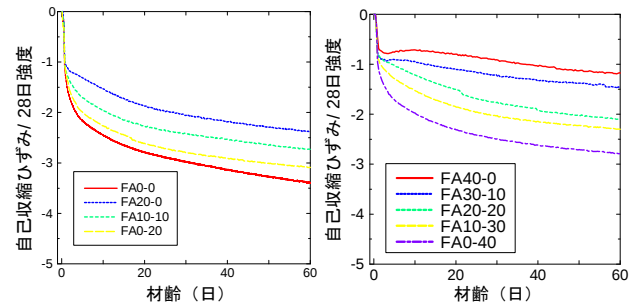


図-4 単位自己収縮ひずみ

した場合においても、フライアッシュの混入によって自己収縮を低減することができる。

参考文献

- 1) 小山央、菅田紀之：フライアッシュとシリカフェームを併用した高強度コンクリートの自己収縮低減、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.33、No1、pp.413-418、2011