

フライアッシュを大量に混和した高流動コンクリートの特性

Properties of High-Fluidity Concrete Containing a Large Amount of Fly Ash

低炭素社会への貢献を目指して

石炭火力発電所で発生するフライアッシュ（以下「FA」）を高流動コンクリートのセメントの置換材料として大量に用いた場合のコンクリートのフレッシュ性状や硬化性状について検討した結果、高い流動性を確保しつつ水和熱が大きく低減できること等を明らかにした。セメント量の低減によるCO₂排出量の削減にも貢献するものである。



執筆者
電力技術研究所
土木グループ
村瀬 浩

1

背景・目的

高流動コンクリートは、締固め作業が不要なことから省人化に寄与し、充填性に優れるため、狭い場所や鉄筋が密集した部位での不具合対策として有用である。一般的な高流動コンクリートは、材料の分離を防ぎながら鉄筋の間をスムーズに通過させるために、セメントや微粉末などの粉体材料を多く使用する方法がある。しかし、セメント量の増加により水和熱が大きくなり温度ひび割れが発生しやすくなるほか、自己収縮も増大し硬化初期にひび割れが発生しやすいという課題がある。この課題を解決する方法の一つとして、FAをセメントの一部に置換することで反応速度を緩やかにするとともに硬化体を緻密にし、水和熱および自己収縮ひずみを低減する方法がある。この方法は製造時にCO₂排出量が多いセメントを減らし、代わりに排出量の少ないFA（セメントの1/43程度）を使うこととなり、低炭素社会への貢献にもつながるものである。以上を踏まえ、本研究ではFAを大量に混和した高流動コンクリートの実用化を目指し、FAの置換率を変えた場合のフレッシュ性状（硬化前の性質）や硬化性状を室内試験で確認した。さらに、大型供試体試験を行って流動性や硬化性状を確認した。

2

室内試験

(1) コンクリート配合

設定した高流動コンクリートの配合を第1表に示す。使用したFAは碧南火力発電所産であり、JIS規定値を満たすものである。FAはセメント置換として混和し、混和していない基本配合F0の単位セメント量の37.1%、57.3%、65.1%を置換したケース（F37、F57、F65）を実施した。流動性の指標であるスランプフローの目標値は65±5cm、目標空気量は4.5±1.5%とした。

第1表 コンクリート配合 (W/B=33.3%)

検討 ケース	F/B (%)	単位量 (kg/m ³)						
		水 W	結合材B		細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	AE 減水剤
			セメント C	FA F				
F0	0	175	525	0	790	837	7.09	0.008
F37	37.1		330	195	724		6.83	0.021
F57	57.3		224	301	688		6.83	0.032
F65	65.1		183	342	674		6.56	0.032

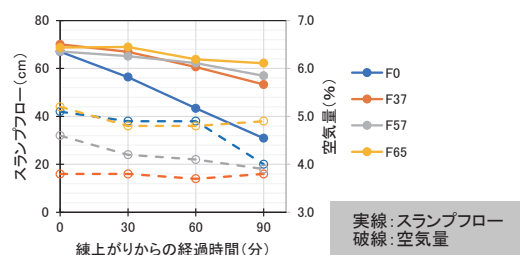
(2) 試験方法

フレッシュ性状はスランプフロー試験（JIS A 1150）および空気量試験（JIS A 1128）で流動性を評価し、硬化性状は圧縮強度試験（JIS A 1108）、自己収縮ひずみ試験および断熱温度上昇試験で評価した。

(3) 試験結果

ア フレッシュ性状

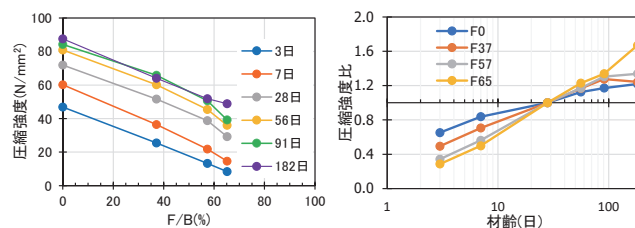
練上がり後30、60、90分後のスランプフローおよび空気量を第1図に示す。結合材量に占めるFAの質量割合（第1表のF/B）が大きいほど、経時のスランプフロー低下は小さかった。空気量については全置換率で時間経過に伴う変化は小さかった。



第1図 スランプフロー・空気量の経時変化

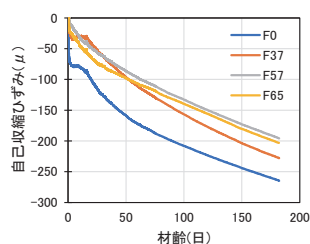
イ 硬化性状

第2図にF/Bと圧縮強度の関係を、第3図に材齢28日を基準とした圧縮強度比の材齢変化を示す。F/Bが大きいほど圧縮強度は小さいが、第3図よりF/Bが大きいほど長期の強度増加割合は大きかった。



第2図 F/Bと圧縮強度の関係 第3図 圧縮強度比の材齢変化

自己収縮ひずみは、100×100×400mmの試験体の中心にひずみ計を埋込み、硬化に伴う収縮量を測定した。測定結果を第4図に示す。FA混和配合の自己収縮ひずみは、材齢182日で無混和に比べて20%程度小さくなった。



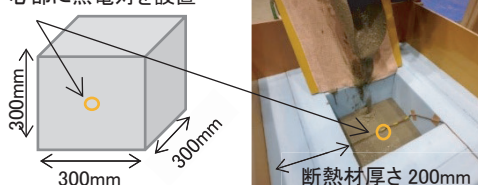
第4図 自己収縮ひずみ

断熱温度上昇量は、F0、F57、F65に対し、第5図に示すように断熱材の中にコンクリートを流し込み、断熱材で蓋をした状態でコンクリート中心温度を測定した。

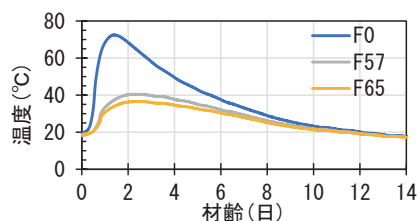
断熱温度上昇試験で測定した中心温度を第6図に示す。

材齢1日でF57、F65の最高温度はF0に比べて1/2程度まで低減できることが分かった。温度上昇の抑制効果が高く、マスコンクリートの温度ひび割れ対策として有効と考える。

中心部に熱電対を設置



第5図 断熱温度上昇量の測定に用いた試験体の概要図



第6図 断熱温度上昇試験における中心温度

3 大型供試体試験

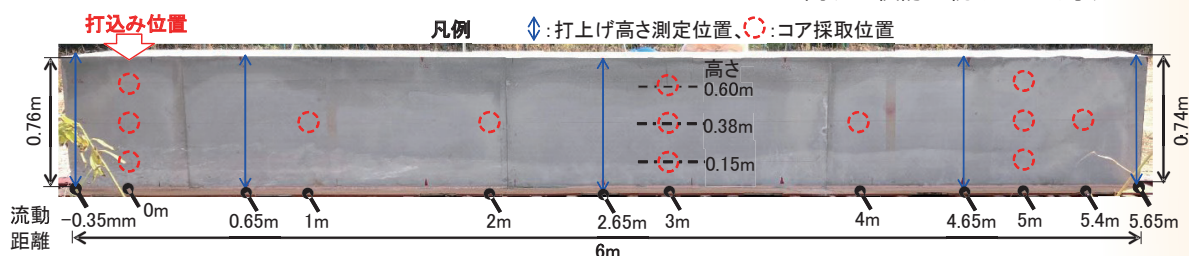
(1) 製造・打込み

一般の生コン工場で製造し、40分程度の運搬時間を経て、現着した高流動コンクリートを延長6m×幅0.62mの型枠内（障害物無し）にコンクリートポンプにより連続的に打ち込んだ。

上記の室内試験を踏まえFA置換率は57%を採用した。

(2) 試験方法

流動性は打込み中および打込み終了後のコンクリートの打上げ高さ測定結果で評価し、硬化性状はコアの圧縮強度試験で評価した。測定位置およびコア採取位置は第7図に示す。

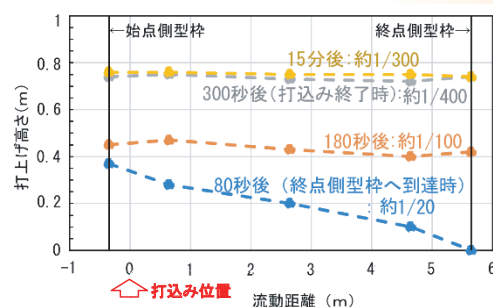


第7図 硬化後のコンクリートの外観

(3) 試験結果

ア 流動性

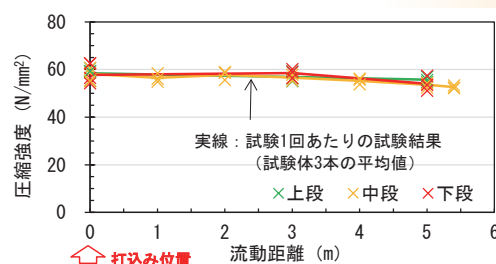
打込み中および打込み終了後のコンクリートの打上げ高さを測定した結果を第8図に示す。なお、各経過時間の流動勾配（5測点の打上げ高さを用いて直線近似で算定した傾き）を併記した。打込み開始15分後の流動勾配は約1/300であり、自重で滑らかに広がるセルフベリング性は良好であった。



第8図 打込み中および打込み終了後の打上げ高さ

イ 硬化性状

第9図に流動距離とコアの圧縮強度の関係を示す。流動距離4m以上でわずかに圧縮強度が低下する傾向が見られ、流動距離0mと5m地点の圧縮強度の平均値を比べると、圧縮強度の低下は5%程度であった。



第9図 流動距離とコアの圧縮強度の関係

4 まとめ

FAを大量に混和した高流動コンクリートの室内試験と大型供試体試験により、フレッシュ性状と硬化性状を評価した。置換率が高いほどスランプフローの経時変化が抑制され、57%以上で断熱温度上昇量が大幅に低減可能である。さらに、置換率57%の大型供試体では流動性低下や圧縮強度低下がほぼなく、CO₂排出量を56%程度削減可能である。

今後も、低炭素社会に貢献するためにFAを利用したコンクリートに関する検討を続けていく予定である。