

第 部門

高炉スラグセメントの温度ひび割れ抑制のためにフライアッシュを使用したコンクリートの基礎的研究

福井大学工学部
 福井大学工学部講師
 福井宇部生コンクリート株式会社
 福井宇部生コンクリート株式会社
 福井県雪対策・建設技術研究
 福井県建設技術公社

学生員 ○徳永真人
 本間礼人
 石川裕夏
 高橋和男
 三田村文寛
 伊藤桂一

はじめに

部材断面の大きいマスコンクリート構造物の建設にあたっては、水和熱発生による温度ひび割れを防止する各種の対策が施されている。その一つとして、高炉セメントがあるが、利用者からの短期強度増大の要求に応えるため、セメント品質の改変が行われた結果、水和発熱量が普通セメントを使用した場合と同等または、増大する事になった。このことから現状の高炉セメントでは、従来期待されてきたような低発熱性を得ることは難しくなり、またそれによる温度ひび割れ発生も普通セメントより多いなど、問題が生じることとなった。一方、フライアッシュは水和熱の抑制に有効な事が報告されており、これと高炉セメントを併用すれば、温度上昇の小さいマスコンクリートに適したセメントになると考えられる。

そこで本研究では、高炉セメントにフライアッシュを混和材として用いたセメントの材料特性を明らかにする事を目的とし、実験研究を行った。

実験概要

使用材料を表 - 1 に示し、調合を表 - 2 に示す。

練りあがり性状はスランプ 8cm、空気量 4.5%、無混入で 24N/mm²、フライアッシュを混入したもので 18N/mm²、24 N/mm²、30 N/mm²の圧縮強度を目標として調合した。

試験方法

1) 断熱温度上昇試験

練り上がったコンクリートをφ29×33cmのドラム缶につめた後、発砲スチロールで作製した簡易断熱装置に設置し行った。測点は断面の中心線上上部、中部、下部の3点で、外気温 20℃、一定の部屋で計測した。

2) 乾燥収縮試験

10×10×40cmの角柱供試体の側面に刻線したガラスを標点間の距離が標準尺の基長になるよう両端から等間隔の場所に取り付け測定を開始した。測定は温度 20℃、湿度 65%の恒温恒湿室内にて行った。

3) 凍結融解試験

10×10×40cmの角柱供試体を JISA1148『コンクリートの凍結融解試験方法』に準じ、水中凍結融解試験方法により、試験サイクル数は 300 サイクルまで実施した。

実験結果と考察

材齢に伴う圧縮強度を図 - 1、スランプ、空気量の結

セメント	A社製高炉B種セメント
細骨材	a) 九頭竜川中流域陸砂(粗砂) b) 坂井郡芦原町内産陸砂(細砂)
粗骨材	九頭竜川中流域砂利
混和材	B社製フライアッシュ 種品
混和剤	a) C社製A E減水剤標準型 b) D社製A E剤

表 - 1 使用材料

密度はセメント 3.04、細骨材の表乾密度 2.58、粗骨材の表乾密度 2.65 である。

	W/B (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	G	F
BB - 24	52	44.7	148	285	817	1048	
BBFA-18	60.1	42.7	160	213	784.9	1051.4	53.2
BBFA-24	44	43.4	144	262	773	1048	65
BBFA-30	42	37.8	165	314	645.9	1064.3	78.4

表 - 2 調合

細骨材は粗砂と細砂を 2 : 1 の割合で混合した。

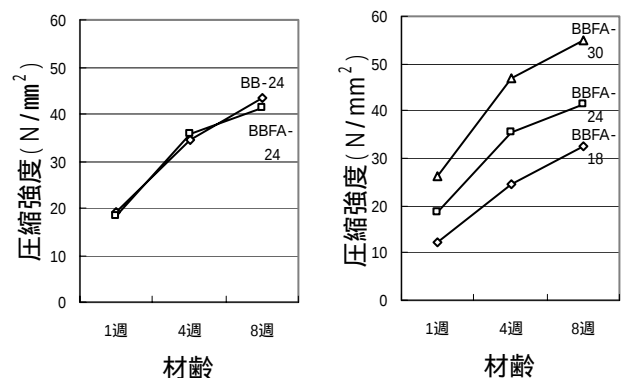


図 - 1 材齢と圧縮強度

	BB-24	BBFA-18	BBFA-24	BBFA-30
スランプ	8.0	10.6	8.5	6.3
空気量	4.3	6.0	4.9	1.4

表 - 3 各調合のスランプ及び空気量

果を表 - 3 に示す。各調合とも目標とする強度を上回った。所定の強度を必要とする場合、フライアッシュを高炉セメントの一部に置換した事で単位セメント量を少な

くする事が出来た。またフライアッシュのボールベアリング効果によって同程度のスランプを得るのに必要な単位水量も減少した。

1) 断熱温度上昇試験

断熱温度上昇試験の結果を図 - 2 に示す。フライアッシュでセメントの一部に置換すると温度上昇は小さくなる傾向にあった。最高温度は BB - 24 > BBFA - 30 > BBFA - 24 > BBFA - 18 の順に大きくなったが、打設温度から最高温度まで温度上昇量は BBFA - 30 > BB - 24 > BBFA - 24 > BBFA - 18 になった。フライアッシュを混入する事で、温度上昇速度が早くなったりする事はなかった。

2) 乾燥収縮試験

乾燥収縮試験の結果を図 - 3 に示す。供試体は BB - 24 と BBFA-24 を用いて行った。フライアッシュで高炉セメントの一部を置換すると乾燥収縮は小さくなる傾向にあった。また BB - 24 はいずれの供試体も同じような収縮の仕方をしたのに対して BBFA - 24 の供試体の収縮にばらつきが見られた。

3) 凍結融解試験

凍結融解試験によるサイクル数と質量変化率を図 - 4 に、サイクル数と相対動弾性係数を図 - 5 に示す。供試体は BB - 24 と BBFA-24 を用いて行った。フライアッシュでセメントの一部を置換すると無混入のものに比べ質量変化率が大きくなり、スケーリングが顕著に見られた。相対動弾性係数は BBFA - 3 を除き、300 サイクルの時点で 80% 程度になり、フライアッシュによる相対動弾性係数への悪影響は見られなかった。乾燥収縮と同じくフライアッシュで高炉セメントの一部を置換すると、質量変化率、相対弾性係数ともにばらつきが見られた。今回、フライアッシュ用の AE 剤を用いたにも関わらずコンクリートの品質にばらつきが生じた理由として、フライアッシュに気泡の分布を不均一にさせる性質があるか、練り混ぜが不十分であったかの二つが考えられる。

まとめ

本研究より以下のことが分かった。

- 1) 所定の強度を得ようとする場合、高炉セメントにフライアッシュを混入する事で温度上昇、乾燥収縮を抑える事ができる。
- 2) 高炉セメントにフライアッシュを混入すると耐久性が悪くなる事はないがスケーリングが顕著になる。
- 3) 高炉セメントにフライアッシュを混入するとコンクリートの品質のはらつきが大きくなる傾向にある。

今後の課題

温度ひび割れの推定のため、今回簡易断熱温度上昇試験で得られた結果から FEM 解析によって断熱温度上昇曲線を推定するとともに、水循環式の断熱温度上昇試験を行い、実験結果の比較を行う予定である。

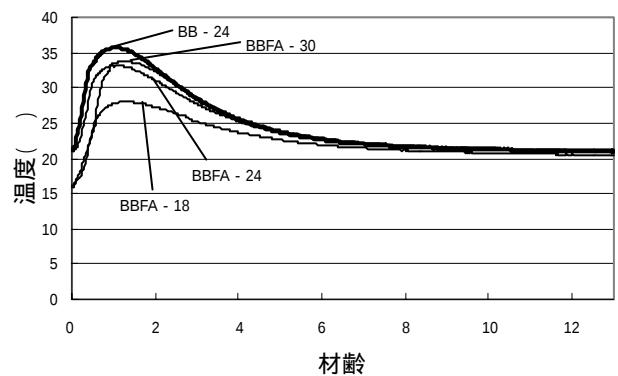


図 - 2 材齢と温度上昇

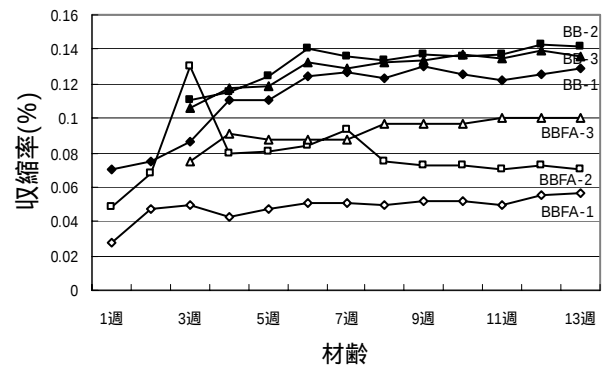


図 - 3 材齢と乾燥収縮

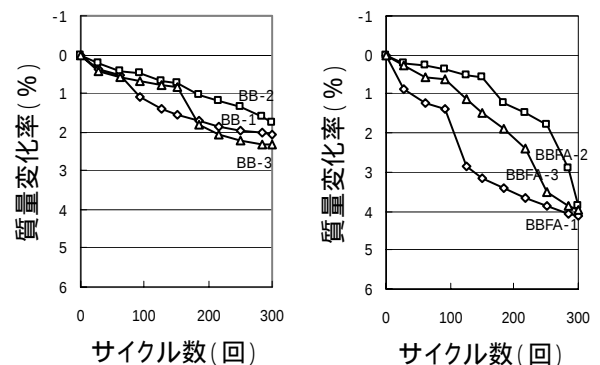


図 - 4 サイクル数と質量変化率

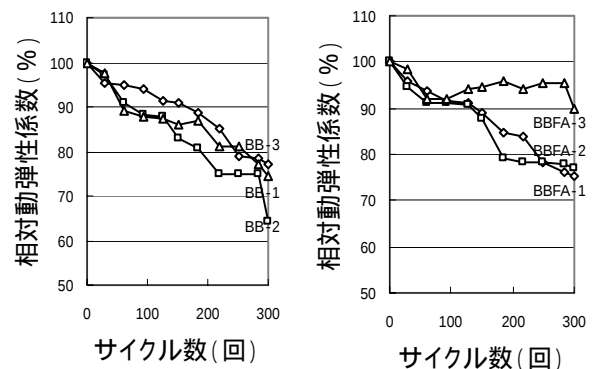


図 - 5 サイクル数と質量変化率