

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	学生員	徳永真人
福井大学工学部講師		本間礼人
福井宇部生コンクリート株式会社		石川裕夏
福井宇部生コンクリート株式会社		高橋和男
福井県雪対策・建設技術研究		三田村文寛
福井県建設技術公社		伊藤桂一

はじめに

マスコンクリート構造物の建設にあたっては内部温度上昇を防止する必要があるが、その対策の一つとして高炉セメントの使用が広く行われている。しかし、近年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、水和発熱量が増大することとなった。そのため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、それによる温度ひび割れなどの問題が生じた。

そこで、本研究では水和熱の抑制に有効とされるフライアッシュを高炉セメントと併用することにより温度上昇を小さくし、主に温度ひび割れを少なくすることを目的として、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し実用に向けての実験研究を行った。

実験概要

使用材料を表 - 1 に示し、調合を表 - 2 に示す。練り上がり性状はスランプ 8cm、空気量 4.0%を目標として調合した。高炉スラグセメントを使用したものを BB とし、フライアッシュを添加したものを BBFa とした。呼び強度はその横に示した。また、細骨材 a) と b) は、1 : 1 または 2 : 1 の割合で混ぜて使用した。

1) 断熱温度上昇試験

a) 簡易断熱温度上昇試験

練り上がったコンクリートを 29×33cm (容量 20 リットル) 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て行った。測点は断面の中心線上部、中部、下部の3点で、温度 20 湿度 65%の恒温恒湿室内にて行った。

b) マスコンにおける温度上昇試験と歪み測定

100×100×100 cm マスコンクリート供試体の 19 点の温度と 4 点の歪みを測定した。測定は、実際に使用されることを考慮した条件として屋外に曝露した状態で行った。試験は 2005 年 8 月 20 日から 2006 年 1 月

表 - 1 使用材料

セメント	宇部三菱セメント株式会社製 高炉 B 種セメント	密度 3.04 g/cm ³
細骨材	a) 九頭竜川中流域 (粗砂)	2.64 g/cm ³
	b) 坂井郡芦原町内産 (細砂)	2.57 g/cm ³
	c) 富山産アルカリ反応性細骨材	2.63 g/cm ³
粗骨材	a) 九頭竜川中流域	2.65 g/cm ³
	b) 富山産アルカリ反応性粗骨材	2.64 g/cm ³
混和材	北陸電力株式会社製 フライアッシュ	比表面積 4280 cm ² /g
混和剤	a) A E 減水剤標準型 種ヤマソー90SE b) A E 剤 種ヴィンソル c) F a 用 A E 剤マイティ A E - 01	

表 - 2 調合

	W/B (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	S	G	F
BB-24	52	44.4	161	310	811	1027	
アルカリ BB-24	52	44.4	161	310	789	1023	
BBFa-24	44	41.3	150	273	746	1073	68.3
BBFa-30	42	37.9	165	314	649	1064	78.4
アルカリ BBFa-24	44	41.3	149	270	789	1023	67.6

表 - 3 各調合のスランプ、空気量、4 週強度

	BB24	アルカリ BB24	BBFa24	BBFa30	アルカリ BBFa24
スランプ	9.4	6.4	9.5	9.4	8.0
空気量	2.5	4.0	4.7	3.9	6.0
4 週強度	40.8	35.1	36.1	30.8	28.0

27 日の約 5 ヶ月間の期間で行った。

2) アルカリ骨材反応試験

アルカリ反応性骨材を使用した 4×4×16cm の角柱供試体を用いてモルタルバー法により測定をした。測定はコンパレータを使用し、温度 20 湿度 65%の恒温恒湿室内にて行った。

キーワード 高炉セメント フライアッシュ マスコンクリート 温度上昇

連絡先 〒910-8507 福井県福井市文京3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科本間研究室

実験結果と考察

スランプ、空気量、4週強度の結果を表-3に示す。各調査とも目標とする強度を上回った。また、スランプ・空気量も比較的良好な結果を示した。

1) 温度上昇データについて

マスコンの温度測定結果を図-1に、歪み測定結果を図-2に示す。図-2は初期膨張の最大値を0とした相対歪みを表している。紙面の関係上、マスコンの温度履歴と歪みは東側のみ載せた。また歪みの結果は差の大きかった8月20日から9月30日のみ抜粋した。セメントの一部をフライアッシュに置換すると最高温度は小さくなった。図-1には断熱温度上昇試験のデータも合わせて載せている。今年度、BBFa-30のみの打設であったが、昨年度実験を行ったBBFa-24と、最高温度はほぼ同じになった。これはセメント品質の違いによるもので、基本的には温度上昇量は呼び強度に比例して大きくなると言える。

マスコンの温度上昇試験では、最高温度ではBBFaが2~6ほど低かった。歪みはBBの初期膨張が60~80 μ だったのに対してBBFaは30~40 μ だった。これは、フライアッシュで置換することで初期温度の上昇が抑えられ、初期膨張を抑えることができた事によると考えられる。さらに、a)の簡易断熱試験の中心部の温度差が3弱だったのに対してb)のマスコンクリート供試体の中心部は約6の温度差があった。つまり、コンクリート体積が大きくなるほど初期膨張の抑制効果は大きくなると考えられるので、マスコンに使用するときの温度ひび割れ対策として大いに期待できる。

2) アルカリ骨材反応試験

乾燥収縮試験の結果を図-3に示す。BB-1は大きな収縮率を示したが、2週目以降の増減はBB-2とBB-3と同様の挙動を示したので、初期値の計測ミスと考えられる。よって図からは省略した。アルカリ反応性骨材を使用したため膨張と収縮を繰り返す結果となったが、BBとBBFaで大きな違いは見られなかった。

高炉セメントをフライアッシュで置換してもアルカリ骨材反応抑制効果を損なう恐れは小さいと考えられる。

まとめ

- 1) 呼び強度に比例して温度上昇量も増えるが、高炉セメントにフライアッシュを混入する事で初期温度上昇を抑え、それにより初期膨張を抑える事ができる。
- 2) マスコンクリート試験体において若材齢時のBBコンクリートの膨張が大きく、これがひび割れの原因となっていると考えられる。

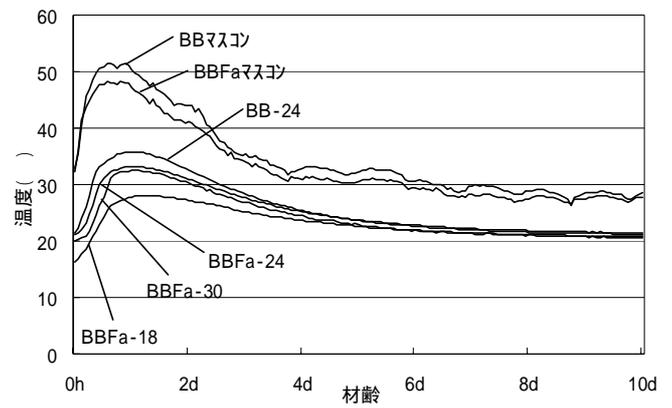


図-1 断熱温度上昇試験

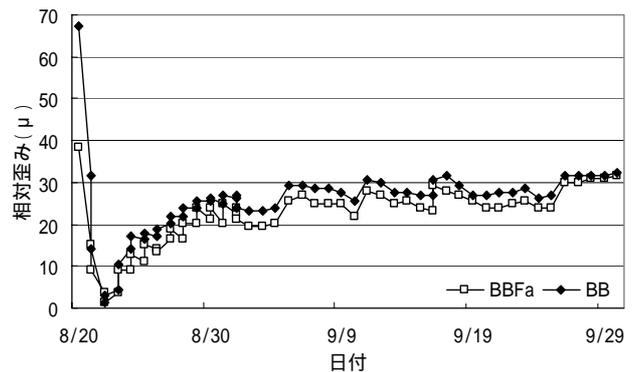


図-2 歪み測定

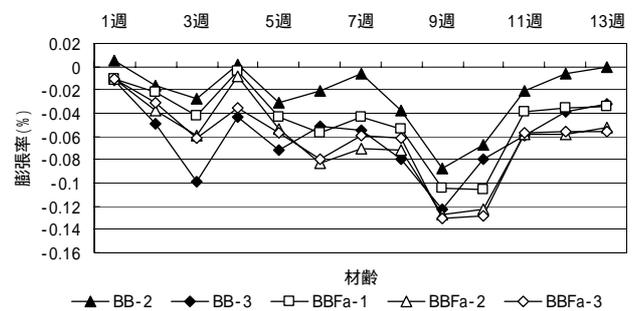


図-3 乾燥収縮試験

- 3) コンクリート体積が大きくなるほど初期膨張の抑制効果は大きくなると考えられる。
- 4) アルカリ反応性骨材を使用した場合、モルタルバー法でBBとBBFaで大きな違いは見られず、フライアッシュを混入したことによるアルカリ骨材反応抑制効果への影響は小さい。

今後の課題

- 1) 現在継続中の促進中性化試験の結果により、フライアッシュが中性化に与える長期的な影響を検討する。
- 2) フライアッシュが塩害についてどのような影響を与えるか実験を行い検討する。

謝辞

本研究に際し、本学平成17年度卒業生に御協力頂きました。ここに厚く謝意を表します。