複合材料を用いた環境負荷低減コンクリートの基本性状に関する研究
（その２　硬化性状）

宇都宮大学大学院工学研究科　学生会員　○小倉恵里香
宇都宮大学大学院工学研究科　正会員　藤原　浩已
日本シーカ株式会社　正会員　齋藤　賢
宇都宮大学大学院工学研究科　学生会員　大森　祐助

１．はじめに

今日、世界では温室効果ガスの一つである CO_2 の排出量増加が問題となっており、日本のセメント産業においても、国内で排出される CO_2 全体の約4%を占めている。また、一方でフライアッシュや高炉スラグ微粉末等、産業副産物の有効利用が望まれている。そこで、本研究は、CO_2 の排出起源であるセメントを使用せず、その代替として、産業副産物を主材料としたセメント無混和のコンクリート（以下、CFC と略す）を開発することを目的としている。本研究は２つのシリーズに分け実験を行った。シリーズ１では、高強度化を図るためシリカフュームを混和し、品質の異なるフライアッシュ及び粉末度の異なる高炉スラグ微粉末を用いた。シリーズ２では、より環境負荷低減を考慮するために、輸入により供給されるシリカフュームも無混和とし、低品質なフライアッシュ及び低粉末度の高炉スラグ微粉末を用いて実験を行った。そして各種性状試験及び耐久性試験を行い、実用化に関する検討を行った。本論では、硬化性状試験について記す。

２．CFC の基本性状に関する検討実験

２．１　使用材料、配合条件及び粉体構成

本実験で用いた使用材料・配合条件等は（その１）と同様とする。粉体構成を表１に示す。

２．２　試験項目

（１） 圧縮強度試験

JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠し、気中養生材齢１日、20℃水中養生材齢３日・７日・28日、シリーズ１においては91日にも試験を行なった。

（２） 簡易断熱温度上昇試験

φ100×200mm の円柱型枠を用いて、中心部に熱電対が埋め込まれた供試体を成形した。成形後、ポリエステル袋を用いて封緘し、20℃に制御された恒温室内に設置した、厚さ 20cm の発泡スチロール製の簡易断熱養生容器（写真１）内に静置し、熱電対により供試体内温度を測定した。

（３） 自己収縮試験

JCI 自己収縮委員会「セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法（案）」に準拠した。

２．３　実験結果及び考察

（１） 圧縮強度試験

図１に各配合における圧縮強度試験結果を示す。図１より、セメント無使用の場合でも、材齢 28 日で 60N/mm^2 以上の強度を発現することが確認された。シリーズごと

表１　粉体構成

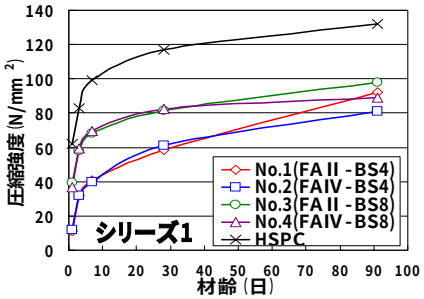
配合 No.		重量比(%)						
		SF	FA II	FA IV	BS 4	BS 8	AG	TK
シリーズ1	1	5	35	0	36	0	9	15
	2	5	0	35	36	0	9	15
	3	5	35	0	0	36	9	15
	4	5	0	35	0	36	9	15
シリーズ2	5	0	0	20	65	0	5	10
	6	0	0	40	45	0	5	10
	7	0	0	60	25	0	5	10
	8	0	0	20	60	0	10	10
HSPC		—	—	—	—	—	—	—

※各記号については下記に示す

記号	材料名
SF	シリカフューム
FA II	フライアッシュⅡ種(ブレーン比表面積4410cm^2/g)
FA IV	フライアッシュⅣ種(ブレーン比表面積1920cm^2/g)
BS 4	高炉スラグ微粉末(ブレーン比表面積4000cm^2/g)
BS 8	高炉スラグ微粉末(ブレーン比表面積8000cm^2/g)
AG	無水セッコウ
TK	多孔性高比表面積消石灰(ブレーン比表面積45m^2/g)
HSPC	高強度用プレミックスセメント

写真１　簡易断熱養生容器

キーワード　フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、圧縮強度、自己収縮
連絡先　〒321-8585　栃木県宇都宮市陽東 7-1-2　宇都宮大学工学部建設学科土木材料研究室　TEL　028-689-6211



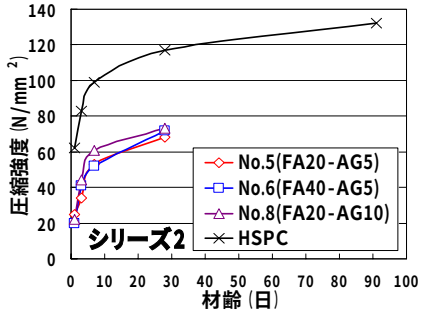
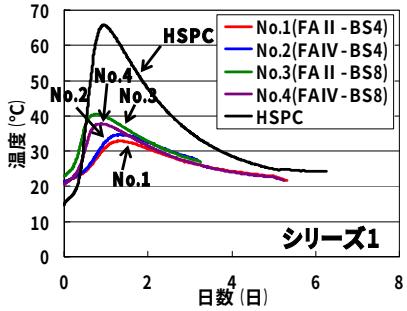


図１　圧縮強度試験結果



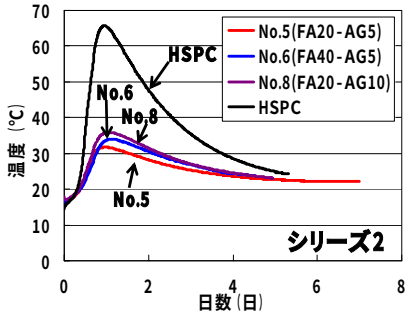
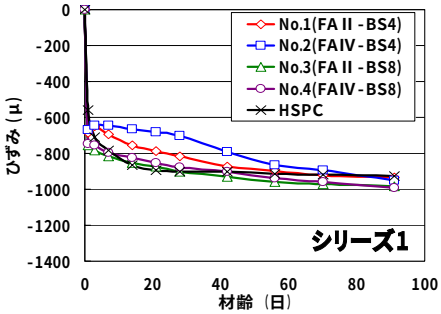


図２　簡易断熱温度上昇試験結果



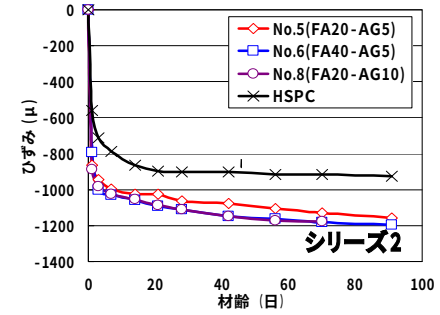


図３　自己収縮試験結果

に比較すると、シリーズ１では、高炉スラグ微粉末が高粉末度のものほど強度増進が早い傾向が認められ、材齢 28 日で 80 N/mm^2 程度の強度が得られた。また、低粉末度の場合でも材齢 91 日で 80 N/mm^2 程度の強度が得られた。一方、フライアッシュの品質の違いについて、材齢 91 日において高品質なものほど強度は高くなっているが、差異は 10 N/mm^2 程度とそれほど大きな違いは認められなかった。これより、低品質のフライアッシュを用いた場合でも十分な強度発現が可能であると考えられる。シリーズ２について、フライアッシュ及び無水石膏の混合割合の変化に伴う強度の大きな差異は、本実験の範囲では認められなかった。

（２）　簡易断熱温度上昇試験

図２に簡易断熱温度上昇試験結果を示す。CFC は強度レベルが異なるものの、HSPC と比較して、ピーク時の温度が低くなることが確認された。この原因として、セメントを無使用としたため、水和による発熱量が減少したことが考えられる。シリーズごとに比較すると、シリーズ１では、低粉末度の高炉スラグ微粉末を用いた場合、よりピーク時の温度が低下する傾向が確認された。このことから、低粉末度の高炉スラグ微粉末を用いることで、水和発熱量をより低減できると考えられる。シリーズ２について、フライアッシュ及び無水石膏の混合割合の変化に伴う大きな温度変化は認められなかった。以上の結果より、本研究においては、高炉スラグ微粉末の粉末度が温度変化に影響していると考えられる。

（３）　自己収縮試験結果

図３に示す自己収縮試験結果より、HSPC と比較した場合、シリーズ１では CFC は初期の自己収縮ひずみが小さくなる傾向が認められた。特に、低粉末度の高炉スラグ微粉末を用いた場合、その傾向が大きかった。フライアッシュの品質で比較すると、大きな差異は認められなかった。以上より、高炉スラグ微粉末は低粉末度のものほど、自己収縮を抑制できると推察される。一方シリーズ２では、全ての配合において自己収縮ひずみが大きくなる傾向となったが、混合割合による差異は認められなかった。

３．結論

本研究で得られた結果を以下に示す。

- CFC は、材齢 28 日で 60N/mm^2 以上の圧縮強度の発現が可能である
- フライアッシュの品質の違いによる大きな圧縮強度の差異は認められなかった
- CFC は HSPC と比較して、ピーク時の温度が低下する傾向が認められた
- 高炉スラグ微粉末の粉末度は温度上昇量に影響する
- 低品質なフライアッシュ及び低粉末度の高炉スラグ微粉末を用いた場合、HSPC と比較して自己収縮ひずみが大きくなる傾向が認められた