

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1 フレッシュ性状)

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

1. はじめに

今日、世界では温室効果ガスの一つである CO₂ の排出量増加が問題となっている。日本のセメント産業においても国内で排出される CO₂ は、日本の総排出量の約 4 %を占めている。

また、安定した電気を供給するための石油代替エネルギーとして石炭が利用されているが、これにより多量の石炭灰が発生してしまうのが現状である。現在、副産物である石炭灰（フライアッシュ）をコンクリート混和材として用いているが、利用されるフライアッシュは高品質なものが多く、低品質のものはあまり利用されていない。したがって、低品質フライアッシュを多量に利用できるコンクリートが開発されれば、より有用性が高いと考えられる。

同様に混和材として用いられている高炉スラグ微粉末は、粉末度の高いものほど粉砕に必要なエネルギーが大きく、コストや環境負荷が大きい。したがって、環境負荷を考慮した場合、より低粉末度のものを利用すべきと考えられる。

そこで本研究では、CO₂ の排出起源であるセメントを使用せずに、その代替として、産業副産物であるフライアッシュ及び高炉スラグ微粉末を主材料とした、セメント無使用のコンクリート（以下、CFC と略す）を開発することを目的としている。

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し、輸入により供給されているシリカフュームを無混和とし、低粉末度の高炉スラグ微粉末及び低品質フライアッシュを用い、混合割合を変化させて実験を行った。本論では、フレッシュ性状について記す。

2. CFC の基本性状に関する検討実験

2.1 使用材料

本研究では、まず基本的性状を把握するために、各種基本性状試験を行い、検討を行った。使用材料を表 1 に示す。主材料として、フライアッシュ微粉末及び潜在水硬性を有する高炉スラグ微粉末を使用した。フライアッシュ微粉末については、JIS II 種及び JIS IV 種

表 1 使用材料

材料	記号	材料名	密度 (g/cm ³)
結合材	SF	シリカフューム	2.24
	FA II	フライアッシュ II 種	2.23
	FA IV	フライアッシュ IV 種	2.20
	BS4	高炉スラグ微粉末(ブレーン比表面積4000cm ² /g)	2.90
	BS8	高炉スラグ微粉末(ブレーン比表面積8000cm ² /g)	2.91
	AG	無水セッコウ	2.90
	TK	多孔性高比表面積消石灰	2.40
結合材	HSPC	高強度用プレミックスセメント	2.99
水	W	上水道水	1.00
細骨材	SF	大月市初狩町産砕砂	2.63
粗骨材	G	大月市初狩町産砕石	2.63
減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤	1.08
消泡剤	DF	ポリアルキレングリコール誘導体	1.00

表 2 各フライアッシュの諸特性

試験項目	JIS II 種		JIS IV 種	
	管理値	FA II	管理値	FA IV
二酸化ケイ素	45.0以上	55.3	45.0以上	52.2
湿分(%)	1.0以下	0.1	1.0以下	0.01
強熱減量(%)	5.0以下	1.2	5.0以下	2.1
粉末度	45μmふるい残分	40以下	4	70以下
	比表面積 (cm ² /g)	2500以上	4410	1500以上
	フロー値比	95以上	110	75以上
活性度指数	材齢28日(%)	80以上	90	60以上
	材齢91日(%)	90以上	104	70以上
	メチレンブルー吸着量	—	0.55	—

表 3 配合条件

スランプフロー値 (mm)	空気量 (%)	水粉体比 (%)	砂粉体比 (%)	粗骨材体積割合 (%)
650±50	2.0以下	20.0	32.0	37.5

表 4 粉体構成

配合 No.	重量比(%)						
	SF	FA II	FA IV	BS4	BS8	AG	TK
シリーズ1	1	5	35	0	36	0	9
	2	5	0	35	36	0	9
	3	5	35	0	0	36	9
	4	5	0	35	0	36	9
シリーズ2	5	0	0	20	65	0	5
	6	0	0	40	45	0	5
	7	0	0	60	25	0	5
	8	0	0	20	60	0	10
HSPC	—	—	—	—	—	—	—

キーワード フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、水酸化カルシウム、凝結試験

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

のフライアッシュを用いた。使用した各フライアッシュの諸特性を表2に示す。また、高炉スラグ微粉末については、ブレン比表面積が4000, 6000, 8000cm²/gの3種類を使用した。また比較用として、高強度用ブレミックスセメント（以下、HSPCと略す）を用いた。

2.2 配合条件及び粉体構成

実験の配合条件を表3に、粉体構成を表4にそれぞれ示す。配合条件は、既往の研究¹⁾を基に設定した。また、配合条件であるスランブフロー値と空気量が得られるように、高性能減水剤と消泡剤の添加量を調整した。

2.3 練り混ぜ方法

まず、粉体及び細骨材をミキサーに投入し、空練りを1分間行う。その後、ミキサーに水及び減水剤を投入し、練り混ぜを行う。本研究では、水粉体比を低く設定しているため、練り混ぜ時間を一定とはせず、モルタルの練りあがりを流動状況から目視で判断し、モルタルが形成されるまでの練り混ぜ時間を測定した。モルタルに所要の流動性が発生した段階で消泡剤を投入し、1分間練り混ぜを行い、最後に粗骨材を投入し、3分間練り混ぜを行った。

2.4 試験項目

2.4.1 フレッシュ性状

(1)練り時間

粉体と細骨材を1分間空練りした後、水と高性能減水剤を加えて練り混ぜてからモルタルが形成されるまでの時間を測定し、練り時間とした。

(2)スランブフロー試験

JIS A1150「コンクリートのスランブフロー試験方法」に準拠した。

(3)空気量試験

JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法」に準拠した。

2.3.2 凝結試験

JIS A 1147「コンクリートの凝結時間試験方法」に準拠した。

2.5 実験結果及び考察

2.5.1 フレッシュ性状

試験結果を表5に示す。シリーズ2のNo.7に関しては、練り混ぜ不可能であった。練り時間についてHSPCと比較すると、CFCは2倍から3倍程度の時間を要した。シリーズ1については、高粉末度の高炉スラグ微粉末を用いることで、長時間化する傾向が認められた。

表5 フレッシュ性状試験結果

配合 No.	SF (%)	DF (%)	スランブフロー (mm)	練り時間 (min)	温度 (℃)	空気量 (%)	
シリーズ1	1	2.65	1.00	700	7.0	23.0	1.0
	2	2.50	0.80	645	6.0	21.5	1.0
	3	2.40	1.00	615	9.0	24.0	1.8
	4	2.50	0.90	640	8.0	22.0	1.3
シリーズ2	5	1.05	0.17	665	6.0	18.0	1.2
	6	1.15	0.17	695	9.0	17.0	1.0
	7	—	—	—	—	—	—
	8	0.95	0.17	690	5.5	17.0	1.0
	HSPC	0.85	0.70	665	3.0	16.0	0.6

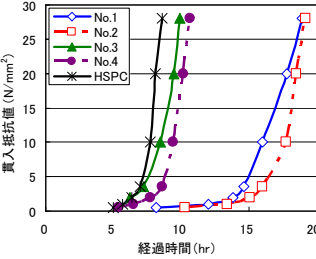


図1 凝結試験結果 (シリーズ1)

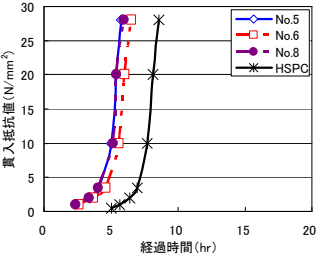


図2 凝結試験結果 (シリーズ2)

また、シリーズ2に関しては、フライアッシュIV種の混合割合が多いものほど長時間化する傾向が認められた。これは、フライアッシュの分散性が高炉スラグ微粉末に比べ、低下することが原因であると考えられる。

2.5.2 凝結試験

凝結試験結果を図1及び図2に示す。図1より、高粉末度の高炉スラグ微粉末を用いたNo.3及びNo.4ではHSPCと同程度の凝結時間となった。しかし、低粉末度の高炉スラグ微粉末を用いたNo.1及びNo.2では約2倍程度遅くなる結果となった。この原因として、高粉末度の高炉スラグ微粉末ほど水和反応が活発であることが考えられる。図2より、シリーズ2ではHSPCよりも凝結時間が短くなる傾向が認められた。

3. 結論

本研究で得られた結果を以下に示す。

- ・シリーズ1では、高粉末度の高炉スラグ微粉末を用いることで、練り時間が長時間化する。
- ・シリーズ2では、フライアッシュIV種の混合割合が多いものほど、練り時間が長時間化する。
- ・低粉末度の高炉スラグ微粉末を用いることで、凝結時間がHSPCより約2倍程度遅くなる。

参考文献

1) 藤村ゆい：超高強度コンクリートの諸特性に及ぼす各種混和材の影響に関する研究，宇都宮大学大学院博士前期課程修士論文（2006）