

高流動化した加圧流動床灰硬化体のフレッシュ性状と圧縮強度特性

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○友村 圭祐
 呉工業高等専門学校 正会員 堀口 至
 呉工業高等専門学校 正会員 市坪 誠
 中国電力株式会社 正会員 田中 雅章

1. はじめに

PFBC 灰(加圧流動床灰)は加圧流動床燃焼方式の石炭発電所から産出される石炭灰である。著者らは自硬性を有する PFBC 灰を結合材とし高炉スラグを混和した硬化体(PFBC 灰硬化体)の研究を行っている。これまでの研究¹⁾から、PFBC 灰硬化体がセメントコンクリートと同等の強度を得るには、水結合材比の低減、養生温度の高温化を行う必要があることがわかっている。しかし一方で、水結合材比を低減することで粉体量の増加に伴う粘性の増大という問題も浮かんできた。

以上のことより、本研究では、粉体量が高いコンクリートで一般的に行われる高流動化を PFBC 灰について行い、そのフレッシュ性状の検討を行った。また、硬化後の PFBC 灰硬化体の圧縮強度特性についても高炉スラグ置換率や養生温度を変化させてその影響についても検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合調整

試験には結合材として PFBC 灰(密度=2.61g/cm³、比表面積=4580cm²/g)、混和材として高炉スラグ微粉末(記号:BF、密度=2.91 g/cm³、比表面積=5980cm²/g)、粗骨材には碎石(最大寸法=20mm、表乾密度=2.66g/cm³、粗粒率=6.72)、細骨材には川砂(表乾密度=2.54g/cm³、粗粒率=2.45、吸水率=2.09%)を使用した。混和剤には AE 剤(AE)と高性能減水剤(SP)として普通コンクリート用の高性能減水剤(SP-S)、高流動コンクリート用の(SP-H)、SP-H をさらに PFBC 灰用に改良した高性能減水剤(SP-H')を使用した。

本試験では高流動コンクリート施工指針²⁾を参考に、通常の RC 構造物や複合構造物を想定している自己充填性ランク 2 の評価試験値であるスランプフロー600~700mm、500mm フロー到達時間 3~15 秒を目標として AE 添加量、SP 添加量を変化させることで配合調整を行った。ただし、予備試験により単位水量(W)は 175kg/m³、単位粗骨材絶対容積(V_c)は 0.32m³/m³と決定し、水結合材比(W/B)は 30、35%、高炉スラグ置換率(BF/B)は 20、30、40、50%とした。

2.2 試験方法

本研究では、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に基づいて圧縮強度試験を行った。配合は配合調整で決定したものとし、供試体寸法はφ100×200mmとした。養生は水中養生で、養生期間は 7 日(温度:20℃、60℃、80℃)、28 日(温度:20℃)、91 日(温度:20℃)とした。養生後、研磨機によって端面処理を行った。また、比較対象用の普通ポルトランドセメントを使用したコンクリート(PC)の供試体も作製し、20℃で水中養生を 28 日間行った。

3. 実験結果

3.1 配合調整結果

図-1 に PFBC 灰硬化体の流動性に対する SP 種の影響を示した。図-1 より、SP-S よりも、SP-H や SP-H' を添加した方が高い流動性を示すことがわかる。また、SP-S による流動性の調整は困難であったため、W/B=35 の配合は SP-H、W/B=30 は SP-H' により配合調整を行った。

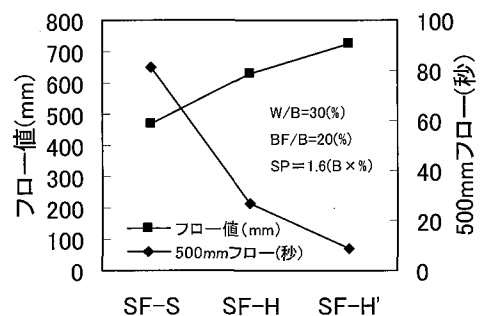


図-1 流動性に対する SP 種の影響

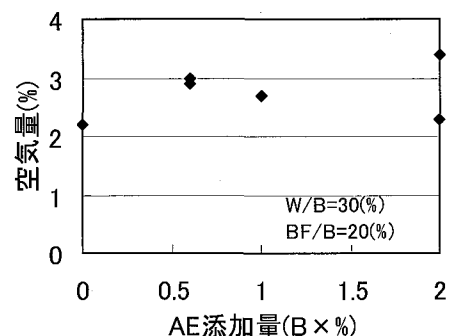


図-2 空気量に対する AE 剤添加量の影響

図-2 に AE 剤添加量と空気量の関係を示す。図-2 より、AE 剤の添加量を増やしても空気量に大きな変化は見られなかったことがわかる。これは、PFBC 灰に多く含まれている未燃焼カーボンが AE 剤を吸着するためと考えられる。このことより、本研究では AE 剤を使用せず、高性能減水剤のみで配合調整を行った。

配合調整により PFBC 灰硬化体を自己充填性ランク 2

の粉体系高流動コンクリート化に成功した。表-1 に配合調整によって決定した配合表を示す。表中の PC は比較用の普通セメントコンクリートを示す。表-1 より、高炉スラグ置換率の増加とともに高性能減水剤の添加量が減少していることがわかる。このことより、PFBC 灰硬化体は高炉スラグの置換率を増加させれば流動性が向上し、必要な SP 添加量が減少することがわかった。

3.2 圧縮強度試験結果

図-3 に PFBC 灰硬化体の 7 日圧縮強度に対する養生温度の影響を示す。また、比較用に PC の 28 日圧縮強度を示した。図-3 より、PFBC 灰硬化体は養生温度 20℃では PC と比べて強度が低い、高温養生することで強度は増進し、W/B=30%の BF/B=30、40%は PC と同程度の圧縮強度が得られたことがわかる。ただし、養生温度 60℃と 80℃の間には大きな差は見られなかった。

図-4 に養生温度 60℃の PFBC 灰硬化体の 7 日圧縮強度に対する高炉スラグ置換率の影響を示す。図-4 より、BF/B による圧縮強度の違いを比較すると、W/B=30、35 とともに BF/B=20 から 50%の範囲では BF/B=30%を最大とする上に凸な関係を示すことがわかる。また、W/B=35%は 30%と比べて低い圧縮強度を示した。このことより、高流動化した PFBC 灰硬化体も水結合材比が低いほど高い強度を示すことがわかった。

図-5 に養生温度 20℃の PFBC 灰硬化体の圧縮強度に対する養生期間の影響を示す。図-5 より、養生日数とともに W/B、BF/B に関わらず圧縮強度が上昇していることがわかる。これらのことから PFBC 灰はセメントと同様に材齢が経過してもその自硬性が継続して発揮されることがわかった。

4. まとめ

(1) PFBC 灰硬化体は高性能減水剤を適切に選ぶことで粉体系高流動コンクリートの自己充填性ランク 2 の試験値を満たすことができる。また、PFBC 灰硬化体は高炉スラグの置換率を増加させれば流動性が向上する。

(2) PFBC 灰硬化体の圧縮強度は高温養生を行うことで PFBC 灰硬化体の 7 日強度はセメントコンクリートと同等の圧縮強度を示し、高炉スラグ置換率 20 から 50%の範囲では 30%を最大とする上に凸な関係を示す。

参考文献

- 1) 川西理沙：加圧流動床灰を結合材として用いた硬化体に関する基礎的研究，呉工業高等専門学校卒業論文集，2006.2
- 2) コンクリートライブラリー93 高流動コンクリート施工指針：土木学会，1998.7

表 - 1 配合表

記号	W/B (%)	BF/B (%)	W (kg/m ³)	AE剤添加量 (B×%)	SP添加量 (B×%)	SP名
30-BF20	30	20	175	0.00	1.00	SF-H'
30-BF30		30			0.85	
30-BF40		40			0.80	
30-BF50		50			0.75	
35-BF20	35	20			1.80	SF-H
35-BF30		30			1.40	
35-BF40		40			1.20	
35-BF50		50			1.00	
PC	50	0	186	0.01	0	-

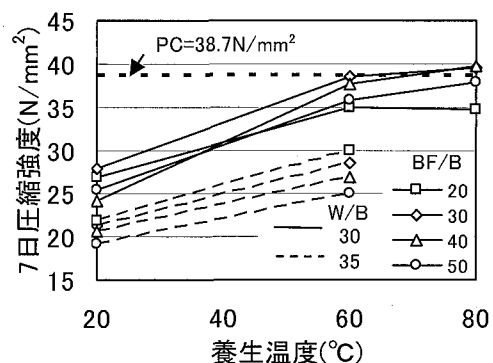


図-3 7 日圧縮強度に対する養生温度の影響

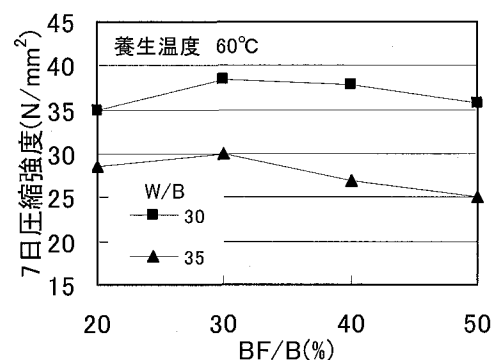


図-4 7 日圧縮強度に対する高炉スラグ置換率の影響

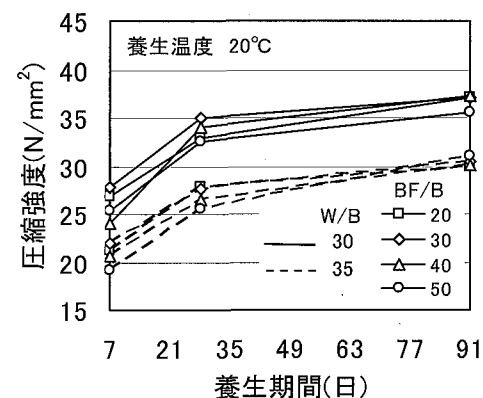


図-5 圧縮強度に対する養生期間の影響