

混和材の置換率を高めた早強コンクリートの強度発現に関する モルタルを使った基礎的検討

三井住友建設(株) 正会員 ○恩田 陽介, 佐々木 亘, 谷口 秀明

1. はじめに

副産物の有効利用の観点から、セメントの一部を混和材で置換したコンクリートに関する各種の検討が進められ、PC 上部工においても、混合セメント B 種相当の混和材置換率としたコンクリートを適用可能とするための資料整備が進んでいる¹⁾。本稿では、さらに置換率を高めるための基礎的な検討として、早強ポルトランドセメントを用いて、その一部を混和材で置換したモルタルの強度発現について調べた。

2. 実験概要

(1) 使用材料およびモルタルの配合

使用した材料を表-1、配合条件、実験要因および水準を表-2 に示す。PC 上部工の施工で多用される設計基準強度 40 N/mm² 程度のコンクリートを想定し、早強ポルトランドセメントを使用し水結合材比を 40%とした配合を基準とした。実験要因は混和材の種類および置換率（百分率で表した、結合材に占める混和材の質量比率）であり、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末のそれぞれについて、混合セメント B 種相当から C 種を超える範囲の置換率とした。

なお、配合計算上の空気量は 4.5%としたが、空気量のバラつきによる圧縮強度への影響を考慮し、実際の空気量は、消泡剤を用いて低い値に抑えることとした。

(2) 実験方法

各配合について、材齢 4~91 日における圧縮強度の経時変化を調べた。供試体は φ50×100 mm の円柱供試体であり、材齢 1 日で脱型後、圧縮強度試験まで標準水中養生とした。

3. 実験結果および考察

図-1~図-5 に材齢と圧縮強度の関係を示す。基準となる早強ポルトランドセメント単味の結果はすべての図に示している。図-1 と図-2 の比較から、いずれの置換率でも、高炉スラグ微粉末 4000 に比べて高炉スラグ微粉末 6000 を使ったほうが初期に高い圧縮強度が得られることがわかる。図-2 より、高炉スラグ微粉末 6000 を使用した場合には、置換率を C 種相当の上限である 70%まで高めても、材齢 7 日程度までの初期の強度発現性は置換率 50%と大差なく、材齢 28 日程度以降の圧縮強度は早強単味を上回った。一方、高炉スラグ微粉末 4000 を用いた場合には、30%の置換率において、高炉スラグ微粉末 6000 の置換率 50%と同程度の初期強度が得られた。これは、既往の報告²⁾と同様の結果であるが、置換率を高めるとともに初期強度は

表-1 使用材料

材料	物性など	記号	
水	上水道水（千葉県流山市）	W	
結合材	早強ポルトランドセメント（密度 3.13 g/cm ³ 、比表面積 4690 cm ² /g）	H	B
	高炉スラグ微粉末 4000（密度 2.88 g/cm ³ 、比表面積 4270 cm ² /g、活性度指数 70(7d), 97(28d), SO ₃ : 2.06%）	BFS4000	
	高炉スラグ微粉末 6000（密度 2.87 g/cm ³ 、比表面積 6160 cm ² /g、活性度指数 92(7d), 107(28d), SO ₃ : 3.18%）	BFS6000	
	フライアッシュ I 種（密度 2.40 g/cm ³ 、比表面積 5950 cm ² /g、活性度指数 93(28d), 111(91d), SiO ₂ : 60.2%）	FA I	
	フライアッシュ II 種（密度 2.33 g/cm ³ 、比表面積 4100 cm ² /g、活性度指数 86(28d), 100(91d), SiO ₂ : 52.8%）	FA II	
	フライアッシュ II 種（加熱改質品、密度 2.15 g/cm ³ 、比表面積 4770 cm ² /g、活性度指数 85(28d), 97(91d), SiO ₂ : 73.3%）	HMFA II	
細骨材	富津産山砂（表乾密度 2.65 g/cm ³ 、吸水率%）と岩瀬産硬質砂岩砕砂（表乾密度 2.60 g/cm ³ 、吸水率 1.58%）を容積比 4:6 で混合	S	
化学混和剤	高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸エーテル系）	SP	
	消泡剤（ポリアルキレングリコール誘導体）	DF	

表-2 モルタルの配合条件および実験要因と水準

水結合材比 W/B [%]	40	
単位水量 W [kg/m ³]	230	
混和材の置換率 [%]	BFS4000	0, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90
	BFS6000	0, 50, 60, 70, 80, 90
	FA I	0, 20, 30, 40, 50
	FA II	
	HMFA II	

キーワード 早強ポルトランドセメント, 高炉スラグ微粉末, フライアッシュ, 高置換率

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株)技術研究所 TEL: 04-7140-5201

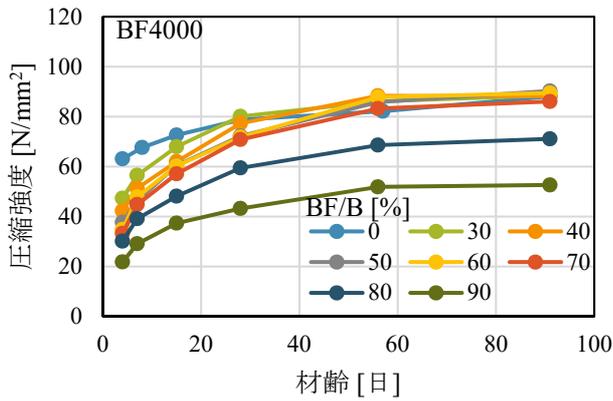


図-1 材齢と圧縮強度の関係(BF4000)

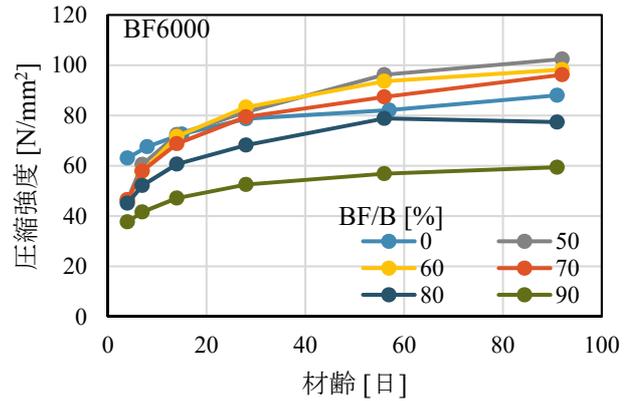


図-2 材齢と圧縮強度の関係(BF6000)

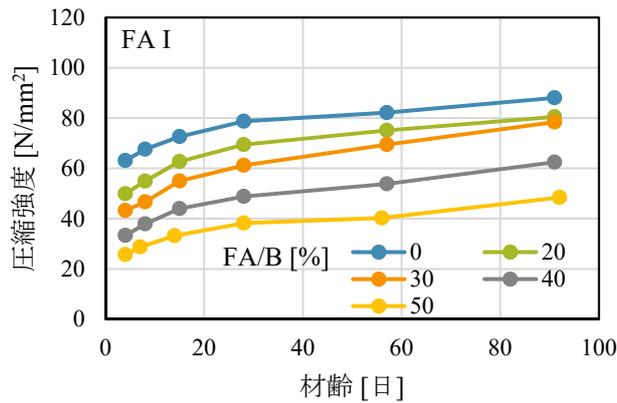


図-3 材齢と圧縮強度の関係(FA I)

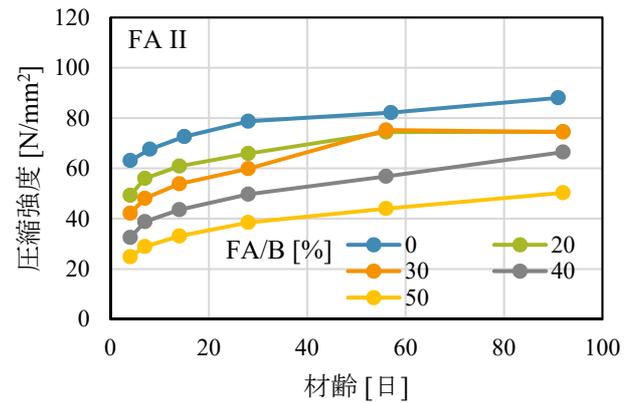


図-4 材齢と圧縮強度の関係(FA II)

漸減し、高炉スラグ微粉末 6000 とは若干異なる傾向を示した。長期強度まで含めると、置換率 80% および 90% で圧縮強度が大きく低下し、材齢 91 日においても早強単味より圧縮強度が小さいという傾向は、比表面積の違いによらず同様であった。

フライアッシュを用いた場合は、材齢 91 日までの範囲では材齢によらず、置換率を高めるとともに圧縮強度が低下した。本実験の範囲では、圧縮強度に与える比表面積 (I 種または II 種) および加熱改質の影響は小さかった。

4. まとめ

早強ポルトランドセメントを用いて水結合材比を 40% とし、混和材の種類と置換率を変化させたモルタルの材齢 91 日までの圧縮強度発現について調べた結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 高炉スラグ微粉末 4000 を用いた場合、置換率の増加と共に初期材齢の圧縮強度は低下するが、高炉スラグ微粉末 6000 を用いた場合には、置換率 50~70% の範囲では初期材齢の圧縮強度は同程度であった。
- (2) フライアッシュを用いた場合には、比表面積や加熱改質処理によらず、置換率を高めるとともに圧縮強度は小さくなった。

参考文献

- 1) (国研)土木研究所他：低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書(I)~(VI)，2016. 1
- 2) (国研)土木研究所，プレストレストコンクリート建設業協会：低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書(II)ー混和材を用いたプレストレストコンクリート橋の設計・施工マニュアル(案)ー，2016. 1