

高フライアッシュコンクリートの強度性状

下松アサノコンクリート(株) 正 会 員 ○吉田和隆
 山口大学大学院理工学研究科 学生会員 吉岡 慧
 前田道路(株) 明松憲吾
 山口大学大学院教授 正 会 員 浜田純夫

1. 目的

石炭火力発電所の増加に伴い、副産物であるフライアッシュ(以下、FA と記す)の発生量も増加している。そこで FA の有効利用拡大を目的として、セメントに対して FA を JIS 規定量である 40%以上置換した高フライアッシュ(以下、HVFA と記す)コンクリートについて研究を行った。現在、HVFA コンクリートは様々な研究者によりその適用性が模索されているが、HVFA コンクリートの配合方法はほとんど不明である。本研究では HVFA コンクリートの強度発現性状を明らかにするとともに、FA のセメントに対する強度寄与効果を検討し、配合設計の一助となる強度推定式を提案する。

2. 実験概要

本実験では、セメントに普通ポルトランドセメント(以下、N と記す)を使用し、FA には JIS A 6021 の II 種に相当するものを使用した。表-1 に FA の物性値を示す。なお、FA 置換率はセメント容積に対して 0, 40, 50, 60, 70%とした。表-2 にコンクリートの配合を示す。

表中の記号について、B/W は結合材水比、C は単位セメント量、W は単位水量、S は単位細骨材量、G は単位粗骨材量を示している。また配合の種類として、A, B, C, D はそれぞれ FA 無置換コンクリートの目標強度 24, 27, 30 および 36N/mm²を表しており、末尾の数字はFA 置換率を表している。

目標スランブは 12±2.5cm とした。目標空気量は、HVFA コンクリート中の FA に含まれる未燃炭素が混和剤を吸着することから、空気量の確保が困難となるため 2.0±0.5%とした。

圧縮強度試験は JIS A 1108 に従い、φ100×200mm の円柱供試体を作製し、材齢 1, 4, 13, 26 および 52 週で行った。

3. 強度発現性状

材齢 4 週以降のポゾラン反応による強度増進を比較するために、各配合の強度を材齢 4 週での強度で除した圧縮強度比と材齢の関係の例を図-1 に示す。図-1 によると、材齢 4 週以降、HVFA コンクリート強度は顕著に増加しているのに対し、FA 無置換コンクリート強度はほとんど増加していない。このことからポゾラン反応が顕著となるのは材齢 4 週以降であることがわかる。

4. 強度寄与効果

FA のセメントに対する強度寄与効果を調べるため、強度寄与率 k を用いた。一般に、FA 無置換率コンクリート

表-1 フライアッシュの物性値

試験項目	試験値	II種規格値	
密度(g/cm ³)	2.30	1.95以上	
比表面積(cm ² /g)	4230	2500以上	
フロー値比(%)	100	95以上	
強熱減量(%)	2.9	5.0以下	
湿分(%)	0.1以下	1.0以下	
SiO ₂ (%)	60.3	45.0以上	
活性度指数 (%)	材齢28日	82	80以上
	材齢91日	96	90以上

表-2 コンクリート配合

配合種類	FA 置換率 (%)	B/W (%)	単位量(kg/m ³)				
			C	FA	W	S	G
N-A-0	0	58	288	0			
N-A-40	40	65	173	84			
N-A-50	50	67	144	105	167	899	1015
N-A-60	60	69	116	126			
N-A-70	70	71	87	147			
N-B-0	0	53	318	0			
N-B-50	50	61	159	116	168	866	1022
N-B-60	60	63	127	139			
N-B-70	70	65	95	162			
N-C-0	0	50	339	0			
N-C-50	50	58	170	123	169	845	1022
N-C-60	60	60	136	148			
N-C-70	70	61	102	173			
N-D-0	0	44	390	0			
N-D-50	50	51	195	142	171	800	1020
N-D-60	60	52	156	170			
N-D-70	70	54	117	199			

キーワード 圧縮強度 フライアッシュ HVFA 強度寄与率

連絡先 〒744-0011 山口県下松市西豊井三谷屋 1387-5 下松アサノコンクリート株式会社 TEL 0833-41-3763

トの C/W と圧縮強度との関係は線形となり、式(1)で示される。

$$f = a(C/W) + b \quad (1)$$

ここで、 f : 圧縮強度(N/mm²), C/W : セメント水比, a, b : 実験定数を示している。強度寄与率 k を用いて FA をセメントに換算し、式(1)に代入すると、式(2)となる。

$$f = a \left\{ \frac{(C + k \cdot FA)}{W} \right\} + b \quad (2)$$

式(2)を k について解くと、式(3)が得られる。

$$k = \frac{1}{FA} \left\{ \frac{1}{a} (f - b) W - C \right\} \quad (3)$$

上記の式より求めた k と材齢の関係を図-2 に示す。図から材齢とともに強度寄与率は高くなっている。しかし FA 置換率が高くなると、つまりセメント量が減るとポズラン反応が遅れると考えられる。従って、D 配合の FA 置換率 70% のポズラン反応による強度増進に期待するには、さらなる材齢が必要なことを意味している。

5. 強度推定式の提案

FA の強度寄与効果を表す強度寄与率 k は式(3)より得られた。しかし、式(3)により k を得るためには実験結果より得られる圧縮強度 f が必要となってくる。そこで、配合段階で k を求めるために、本研究では材齢と k の関係式(4)を提案する。

$$k = Q \left\{ 1 - e^{-\gamma(t-t_0)^n} \right\} \quad (4)$$

ここで、 γ : 強度発現の割合, t : 材齢(週), t_0 : 強度発現の開始時間, n : 材料の特性, d : 単位水量の定数(本研究では 168)を示している。本研究では γ は 0.44, t_0 は 0.9 となった。これらの値を式(4)に代入すると、式(5)が求まる。

$$k = Q \left\{ 1 - e^{-\gamma(t-0.9)^{0.44}} \right\} \quad (5)$$

ここで、 Q は

$$Q = (1 + d / FA) / 2$$

強度寄与率 k の推定値と実験値との比較したグラフを図-3 に示す。図-3 によると、各材齢において推定値と実験値はよく一致している。以上のことから、式(5)で求めた推定値を式(2)に代入することにより HVFA コンクリートの配合設計段階での強度の推定が可能となる。

6. 結論

- (1) 圧縮強度比はフライアッシュ置換率が大きくなるほど増進が顕著となった。
- (2) フライアッシュ置換率の増加の伴い、ポズラン反応は遅くなることがわかった。
- (3) 式(5)より求めた推定換算係数 k を代入した式(2)を用いることにより、HVFA コンクリートの圧縮強度の推定が可能となる。

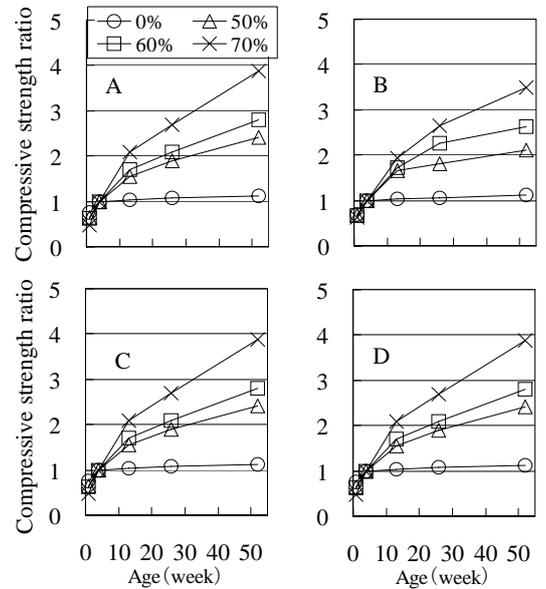


図-1 圧縮強度比

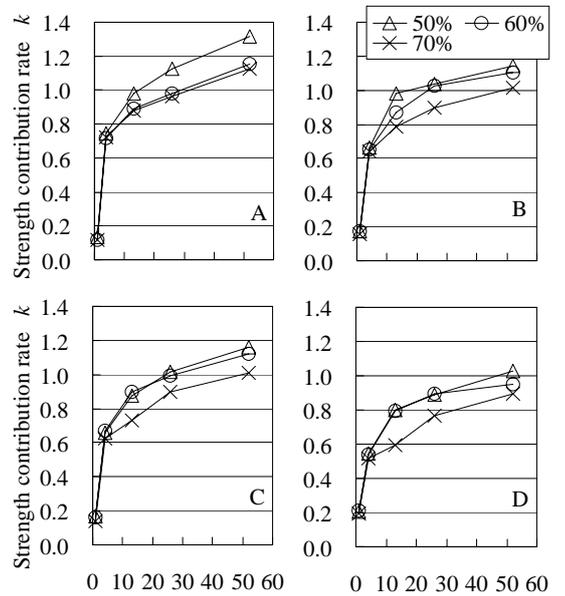


図-2 強度寄与率 k と材齢

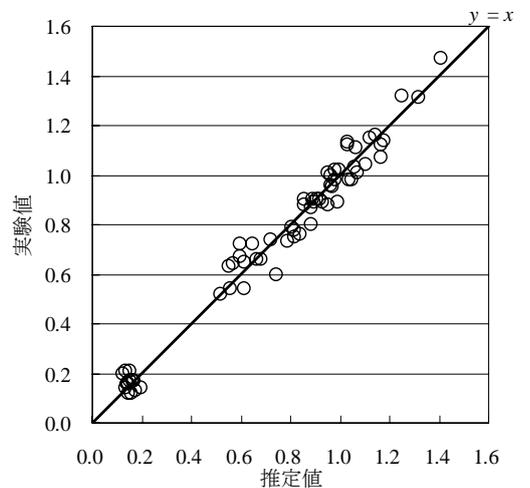


図-3 k の推定値と実験値の比較