

フライアッシュコンクリートの強度発現に及ぼす養生条件の影響に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○ 濱島陽平 福岡大学 正会員 楠貞則
 福岡大学大学院 正会員 添田政司 福岡大学 フェロー 大和竹史

1.はじめに

石炭火力発電所から副産されるフライアッシュ (FA) は、環境保護の高まりもあり、特にコンクリート混和材としての利用拡大が期待されているが、混和材としての利用は1%に満たないのが現状である。この有効利用が進まない要因の一つに強度発現性への懸念がある。FAの強度発現に対する効果は、養生温度や材齢、水分の供給状態などはもとより、FAの混合方法・置換率などによっても変化することが考えられるが、この性状は明らかとなっていない。本研究は、FAの混合方法・置換率を変えたコンクリートを用い、養生条件が強度に及ぼす影響について実験的検討を行った。

2.実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントは、普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm^3 , 比表面積 $3280\text{cm}^2/\text{g}$) を使用した。FA は、JIS II 種 (密度 2.26g/cm^3 , 比表面積 $4050\text{cm}^2/\text{g}$) を使用した。骨材は、細骨材に海砂 (密度 2.58g/cm^3 , 吸水率 0.96%) を、粗骨材に砕石 2005 (密度 2.57g/cm^3 , 吸水率 1.11%) を使用した。混和剤は AE 減水剤と空気量調整剤 (AE 剤) を用いた。

表—1 コンクリートの配合

配合名	(%)		単位量 (kg/m^3)								(cm)		(%)
	w/c	s/a	W	C	FA	S	G	AE	AD	sl	air		
N	55	45	168	306	0	798	1047	3.06	0.01	7.4	4.2		
FA10	55	45	166	272	30	804	1047	3.02	0.05	7.9	4.7		
FA20	55	45	168	246	62	795	1035	3.08	0.07	7.8	4.4		
FA10EX	55	42	169	307	65	668	1103	3.07	0.11	8.1	4.3		

表—1に本研究に使用したコンクリートの配合を示す。配合は、FA無混合 (N配合) と混合 (FA配合) に分けられる。FA配合はセメントの質量に対して内割で10%、20% (FA10, FA20)、細骨材の容積に対して外割で10% (FA10EX) 置換した。コンクリートの配合条件は目標スランプ、空気量をそれぞれ $8\pm 1\text{cm}$, $4.5\pm 1\%$ とした。

2.2 実験方法

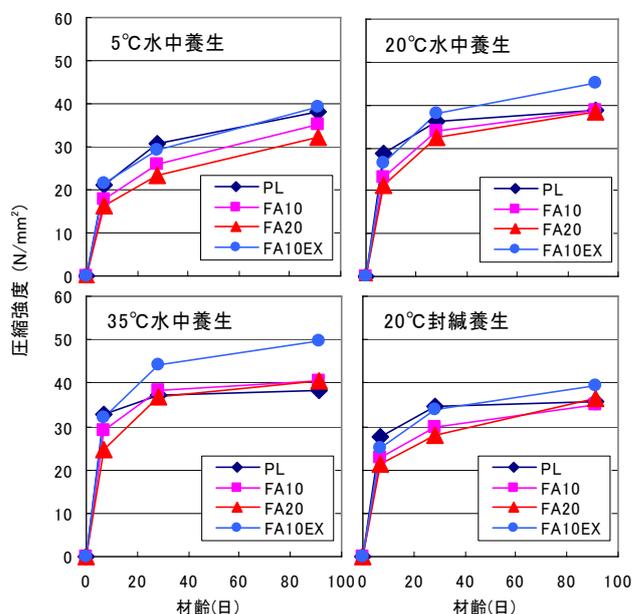
コンクリート供試体は $\phi 10\times 20\text{cm}$ の円柱供試体を作製した。供試体の養生は、材齢1日まで 20°C の恒温室で封緘養生後、所定材齢まで 5°C , 20°C (標準), 35°C の水中養生とそのまま 20°C の恒温室で封緘養生を行った。圧縮強度試験 (JIS A 1108) は、材齢7, 28, 91日で行った。

3.実験結果

3.1 養生条件と圧縮強度の関係

図—1に養生条件と圧縮強度の試験結果を示す。全ての配合で養生条件に拘らず材齢と共に強度が増加しているが、その強度発現性は養生条件や配合によって異なる。養生条件に対し、FA配合とN配合の圧縮強度を比べると、内割のFA10, FA20はいずれもNより初期材齢の強度発現が小さいが、 5°C 水中養生を除き材齢91日で同程度となった。FA10EXは初期材齢からNと同等の強度を確保し、特に水中養生の 20°C 以上で強度発現が顕著となった。低温養生よりも高温養生の方で強度発現が大きくなっている。

図—2に材齢と 20°C 水中養生に対する圧縮強度比を示



図—1 各養生条件による各配合の圧縮強度

す。養生温度の強度に及ぼす影響は初期材齢で大きく、その後材齢の経過と共に軽減している。特にFA配合は、この傾向が顕著であり、5℃の養生では材齢7日の初期強度の発現が小さいものの、材齢28日以降の強度の伸びが大きく、養生温度の影響は小さくなっている。35℃の養生では、材齢7日の初期強度の発現は良好なもの、それ以降の強度の伸びは軽減した。

図-3に養生環境の違いが圧縮強度に及ぼす影響を示す。封緘養生の強度発現性は、材齢7日の初期材齢では水中養生と同程度となっているが、その後、材齢の経過と共に強度は増加するものの、強度発現は水中養生に比べて小さい。

3.2 積算温度と圧縮強度

3.1 で得られた強度発現の結果を基に、養生温度を変えた水中養生について、式(1)を用いて積算温度を算出する¹⁾。また、強度発現性に対して式(2)の分数関数で近似曲線を与えた。

$$M = \sum_{Z=1}^n (\theta_Z + 10) \times Z \quad (1)$$

$$F'_c = aM / (M + b) \quad (2)$$

ここに、M: 積算温度 (℃・時間)、Z: 材齢 (日)、 θ_Z : 材齢 Z におけるコンクリートの温度 (℃)、 F'_c : 圧縮強度 (N/mm²)、a,b: 各配合に対して決定される係数であり、係数 a は終局的な強度を表す係数であり、係数 b は強度発現速度を表す係数である。

図-4 に配合別の積算温度と圧縮強度の関係を示す。積算温度と圧縮強度の関係は、配合の種類にばらつきはあるが、概ね分数関数による近似曲線上にあることから、積算温度から圧縮強度を示すことができる。各配合の近似曲線の係数を表-2に示す。係数 a より、FA10EX が最も大きい。N, FA10, FA20 についてはほとんど差が認められない。係数 b は、N 配合、FA 配合で著しく異なっているが、FA 配合で比較すると、強度発現が大きい順に FA10EX, FA10, FA20 となった。

4.まとめ

- (1) FA 配合と N 配合の強度発現を比較した場合、初期材齢での強度発現は N 配合より小さいが、材齢 91 日は同程度かそれ以上となり、FA 配合に高い温度依存性が認められた。
- (2) 養生温度の強度に及ぼす影響は、初期材齢で大きく、その後材齢が進むにつれて軽減する。
- (3) 封緘養生の強度発現は、初期材齢では水中養生と同程度であるが、その後材齢が経過すると共に水中養生に比べ小さくなる。
- (4) 分数関数による近似曲線から、各配合の圧縮強度は積算温度から示すことができる。

<参考文献>

1) 久我龍一郎, 千葉裕人, 久田真, 岩城一郎: 高炉セメントコンクリートの強度発現性に及ぼす養生条件の影響
コンクリート工学年次論文集 Vol. 28, No. 1, 2006

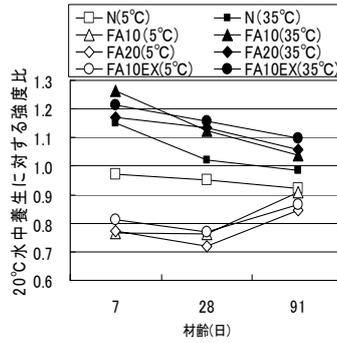


図-2 養生温度の違いと圧縮強度比の関係

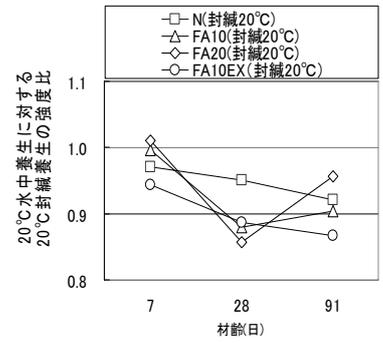


図-3 養生環境の違いと圧縮強度比の関係

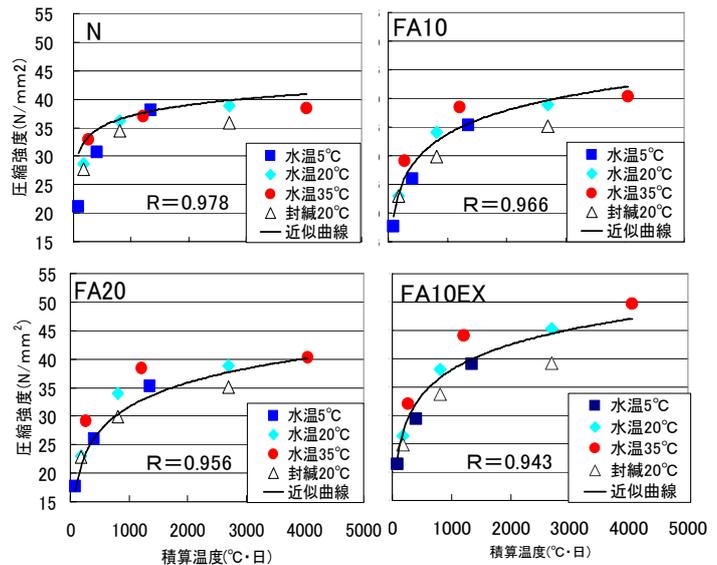


図-4 積算温度と圧縮強度の関係

表-2 各配合に対する近似曲線の係数

	N	FA10	FA20	FA10EX
係数 a	39.5	40.4	38.7	45.1
係数 b	37.9	134.6	157.1	125.5