

フライアッシュを混入した高強度コンクリートの強度および中性化に関する検討

九州大学大学院 学生会員 ○福澤 祥宏 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴 関西大学 正会員 鶴田 浩章
(株) 安部工業所 正会員 中原 晋

1. はじめに

近年、石炭火力発電所から排出される石炭灰の量が増加しており、その有効利用が望まれている。本研究は、プレキャスト PC 部材に適用可能なフライアッシュ混入高強度コンクリートの開発を目的とし、フライアッシュ(FA)を使用した高強度コンクリートの強度および中性化に関する検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表 - 1 に使用材料を示す。コンクリートの配合は目標スランブ $10 \pm 2.5\text{cm}$ 、目標空気量 $2.0 \pm 1.5\%$ を満たすよう試験練りを行い決定した。表 - 2 にコンクリートの示方配合を示す。打設は、室温 20°C 、湿度 $60\%\text{R.H.}$ の恒温恒湿室にて行い、蒸気養生を行った後、打設後 18 時間で脱型を行った。表 - 3 に養生条件を示す。

2.2 試験方法

(a) 圧縮強度

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して行った。

(b) 促進中性化試験

促進中性化試験装置を用いて、試験機内の環境は温度 40°C 、湿度 $60\%\text{R.H.}$ 、炭酸ガス濃度 7% とした。試験開始材齢は 35 日とし、水中養生を施したものについては、所要の水中養生期間を行った後、試験開始まで気中養生を行った。また、中性化深さの測定時期は 4 週、8 週、13 週とした。促進中性化前のコンクリート表面 0～5mm 部分の細孔径分布もあわせて測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 圧縮強度

図 - 2 に材齢 1 日(脱型時)および材齢 14 日における圧縮強度試験結果を示す。PC で汎用されている配合は、早強ポルトランドセメントのみを使用し、水セメント比が 40% 程度のものである。また、プレテンション方式の緊張力導入時(脱型時)に必要なとされる圧縮強度は 35N/mm^2 とされており¹⁾、一般的に工場出荷時(材齢 14 日)には 50N/mm^2 が必要とされている。蒸気養生を行うと、 $W/B=35\%$ で FA 置換率が 20% の場合、脱型時で 35N/mm^2 、材齢 14 日で 50N/mm^2 の強度

表 - 1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント 密度: 3.14g/cm^3 比表面積: $4570\text{cm}^2/\text{g}$
フライアッシュⅡ種	密度: 2.32g/cm^3 、比表面積: $4510\text{cm}^2/\text{g}$
混和剤	ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤
細骨材	海砂 表乾密度: 2.58g/cm^3 吸水率: 1.52% 産地: 博多湾沖
粗骨材	砕石 表乾密度: 2.86g/cm^3 吸水率: 1.19% 産地: 福岡県篠栗町

表 - 2 コンクリートの配合

記号	W/B (%)	フライアッシュ置換率 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
				W	C	F	S	G	SP**
40-0	40	0%	43	155	388	0	778	1144	$0.60 \times B$
35-20	35	20%	43	155	354	89	748	1099	$0.60 \times B$

*B = C + F ** 高性能 AE 減水剤

表 - 3 養生条件

記号	養生方法	
	脱型前	脱型後
NW0	湿空養生	気中: (20°C , $60\%\text{R.H.}$)
SW0		気中: (20°C , $60\%\text{R.H.}$)
SW3	蒸気養生	3日間水中養生後、気中 水中: (20°C)
SW7		7日間水中養生後、気中 水中: (20°C)
SW28		28日間水中養生後、気中 水中: (20°C)

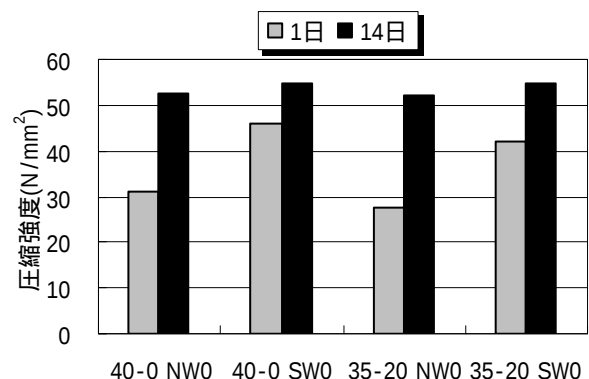


図 - 2 材齢 1 日と材齢 14 日における圧縮強度

キーワード：フライアッシュ、プレストレストコンクリート、中性化、蒸気養生

連絡先：福岡市東区箱崎 6-10-1，TEL：092-641-3131 内(8654)，FAX：092-642-3271

を満足する結果となった。

従って、プレキャスト PC 部材に用いるための初期強度を満足させるためには、FA 置換率を 20%とすると水結合材比は 5 %程度下げる必要がある。

(2) 促進中性化試験

図 - 3 に脱型までの養生方法が異なる場合の促進中性化試験結果を示す。40-0 SW0 と 40-0 NW0 との間に差異は殆ど確認されないことから、FA 無混入の場合、促進期間が 13 週の段階では蒸気養生の有無による中性化速度への影響は小さいと考えられる。

一方 FA を混入した 35-20 SW0 と 35-20 NW0 を比較すると、35-20 SW0 の方が 35-20 NW0 に比べて中性化が進行している。FA のポゾラン反応は温度依存性が高いことが報告されていることから²⁾、蒸気養生を行ったことによりポゾラン反応が促進され、自己中性化が進行したと考えられる。

初期強度を満足する 40-0 SW0 と 35-20 SW0 について、今回の試験結果では、中性化深さに大きな差は認められなかった。

図 - 4 に蒸気養生後の水中養生期間の違いによる促進中性化試験結果を示す。促進期間 13 週において、水中養生期間が長い方が中性化の進行は抑制される結果となった。SW28 の中性化深さは SW0 の約 1/2 に抑制された。図 - 5 に促進中性化試験前における 50nm ~ 2 μ m の細孔容積と中性化速度係数の関係を示す。物質透過性に寄与する 50nm ~ 2 μ m の細孔容積は水中養生期間が長くなるに従って減少し、中性化速度係数も小さくなっていることが分かる。これは、水中養生を長期間行うことにより、セメント硬化体が緻密化され中性化に対する抵抗性が向上したためと考えられる。すなわち、水中養生を長く行うことで、FA を混入したコンクリートの中性化の進行を抑制できることが明らかとなった。

5. まとめ

- (1) FA を混入した高強度コンクリートは FA 置換率 20%の場合、水結合材比を 5%程度低くすることにより初期強度を満足し、中性化進行状況は無混和とほぼ同等である。
- (2) 蒸気養生を行った FA 混入コンクリートは湿空養生の場合よりも中性化の進行が早い。これは若材齢時のポゾラン反応により自己中性化が進行したためと考えられる。
- (3) FA 混入コンクリートは FA 無混入とほぼ同等の中性化速度となる。また、FA 混入コンクリートは水中養生期間を長くすることにより細孔構造を緻密化し、中性化の進行を抑制することができる。

【参考文献】1) コンクリート標準示方書[施工編]，土木学会，p.192，2002

2) 小早川 真・黄 光律・羽原 俊祐・友澤 史紀：水比、混合率および養生温度がフライアッシュのポゾラン反応に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.2，pp.121-pp.126，1999

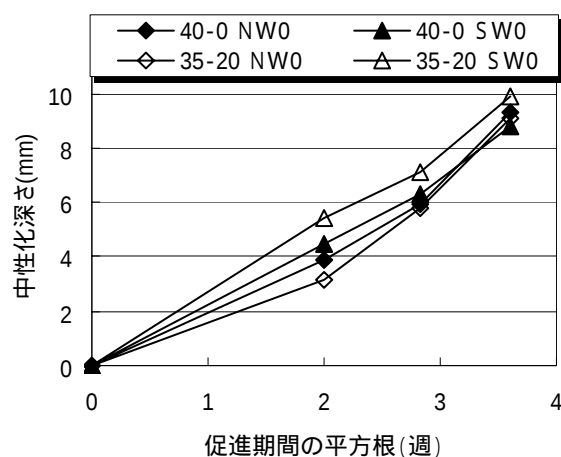


図 - 3 養生条件の違いによる中性化深さ

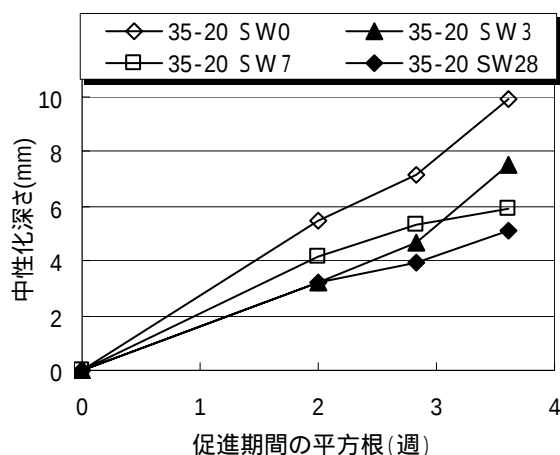


図 - 4 水中養生期間の違いによる中性化深さ

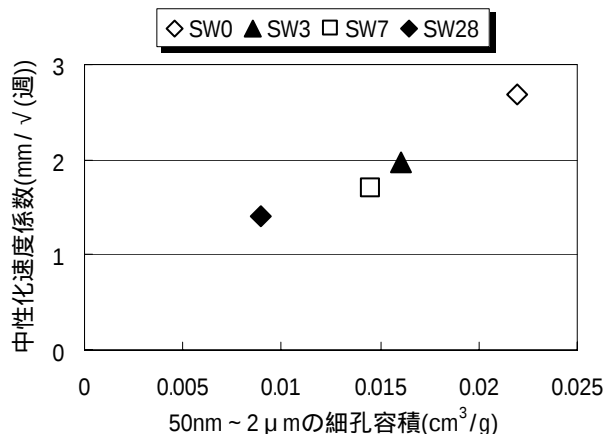


図 - 5 促進中性化前の細孔容積