

活性度を改善したフライアッシュを用いたコンクリートの圧縮強度特性と耐久性

岐阜高専 ○犬飼利嗣 豊橋技科大[学] 小沼高士
岐阜高専[学] 市川敬悟 竹本油脂 小林竜平 齊藤和秀

Study on Durability and Compressive Strength Characteristics of Concrete Using Fly Ash with Improved Activity

Toshitsugu INUKAI, Takashi ONUMA, Keigo ICHIKAWA, Ryuhei KOBAYASHI and Kazuhide SAITO

1. はじめに

筆者らは、フライアッシュ(以下、FAという)の有効利用を拡大する観点から、セメントの代替材とすることを目的として研究を進めてきた。その結果、普通ポルトランドセメントと同等の圧縮強さを安定的に得るFAの活性度の改善手法を提案した^{1,2)}。

本研究では、文献2)で提案した安定的な手法により活性度が改善されたFA(以下、活性化FAという)の実用化に向け、活性化FAをセメントに25%置換したコンクリートの圧縮強度特性と、耐久性、すなわち耐凍害性、耐塩害性、中性化特性、および乾燥収縮特性について検証した。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの使用材料および計画割合

表-1にコンクリートの使用材料を、表-2に計画割合を示す。なお、実験結果を比較検討するために、活性化FAの置換率が25%の他、OPCが100%、JIS II種FAの置換率が25%のコンクリート(表-2, No. 1, 2参照)も計画割合に定めた。

2.2 実験方法

- (1) **圧縮強度特性** 圧縮強度特性は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験」に準じて得られる圧縮強度で検証した。供試体は標準養生とし、試験材齢を3, 7, 28, 91日とした。
- (2) **耐凍害性** 耐凍害性は、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」のA法に準じて得られる相対動弾性係数で検証した。供試体は標準養生とし、試験開始材齢を28日とした。
- (3) **耐塩害性** 耐塩害性は、土木学会基準「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法(案)(JSCE-G571-2010)」に準じて得られる実効拡散係数で検証した。供試体は標準養生とし、試験開始材齢を28日とした。
- (4) **中性化特性** 中性化特性は、JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に準じて得られる中性化深さで検証した。供試体は標準養生とし、試験開始材齢を28日とした。
- (5) **乾燥収縮特性** 乾燥収縮特性は、JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法-第1部:コンパレータ方法」に準じて得られる乾燥収縮ひずみで検証した。なお、供試体製作後、試験終了までの条件は、JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」6.2.7.f)長さ変化と同様とした。

3. 実験結果および考察

(1) **圧縮強度特性** 図-1に、圧縮強度特性を示す。図から分かるように、活性化FAを用いたNo. 3のコンクリートの圧縮強度は、FAを用いたNo. 2の圧縮強度を若材齢から上回っており、材齢91日ではOPCのみを用いたNo. 1の圧縮強度と同程度になるまで増進している。これには、FAの活性度の改善効果がみ

Table 1 Concrete materials

Materials	Type	Mark
Cement	OPC (3 types mixture)	C
Fine aggregate	Sand	S
Coarse aggregate	Crushed stone (5-20 mm)	G
Fly ash	JIS (grade II)	FA
	JIS (grade II) : Fine powder (7000 blaine)	F7
Chemical admixture	Air-entraining and high-range water-reducing admixture	AD
Addition agent	NaOH	NO
	Ca(OH) ₂	CH
Mixing water	Tap water	W

Table 2 Mix proportion

No.	Sl (cm)	Air (%)	W/B (%)	s/a (%)	Unit mass (kg/m ³)					
					W ¹⁾	C	FA	F7	S	G
1	18	4.5	55	48.1	173	315	-	-	858	926
2				47.4	173	236	79	-	835	926
3				47.7	173	236	-	79	843	926

¹⁾ AD used appropriate quantity and is included in mixing water

No.3: Concentration of NO 0.1 mol with CH 0.1 mass%

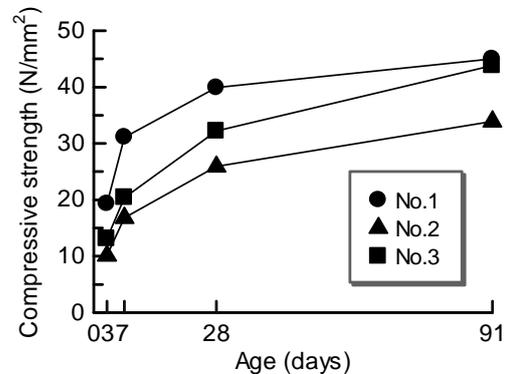


Fig. 1 Compressive strength characteristics

られるが、文献1, 2)に示したモルタルによる実験結果と比較すると材齢28日までの活性度の改善効果が相当に小さくなっている。これは、混和剤によるセメント粒子の分散作用の影響によるものと考えられる。これまでに一連して行った実験では、混和剤の混入のないプレーンモルタルの圧縮強さによってFAの活性度の改善手法を検討してきた。しかし、活性化FAの適用を試みる本実験では、一般的なコンクリートを対象としているので混和剤を混入している。したがって、No. 1のコンクリートは混和剤によるセメント粒子の分散作用により、同一水セメント比のプレーンコンクリートと比較して圧縮強度が相当に大きくなることが考えられる。これは、圧縮強度の改善効果に起因するものとして、混和剤によるセメント粒子の分散作用が文献1, 2)に示したFAの活性度の改善効果を上

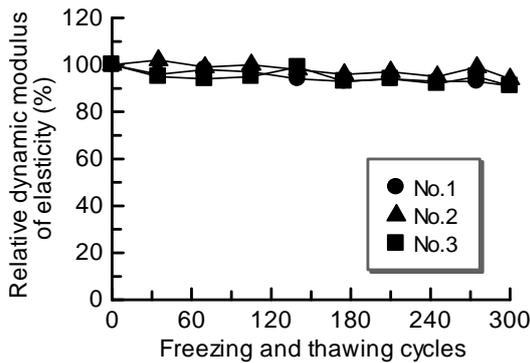


Fig. 2 Freezing and thawing resistance

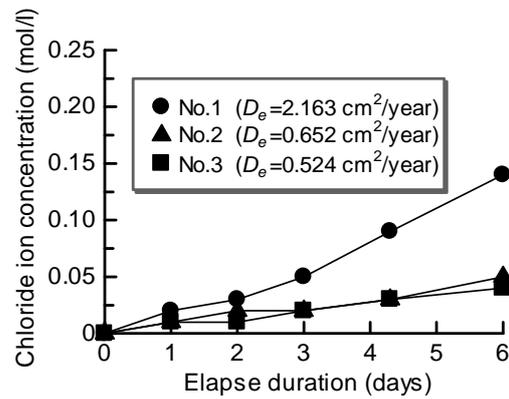


Fig. 3 Salt injury resistance

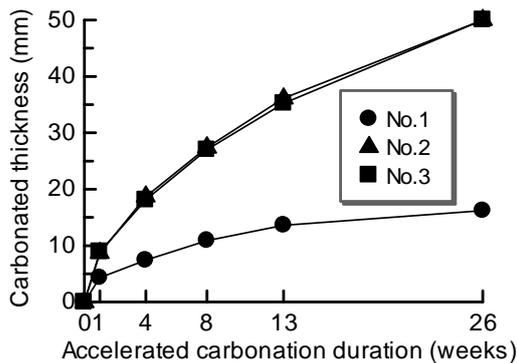


Fig. 4 Carbonation characteristics

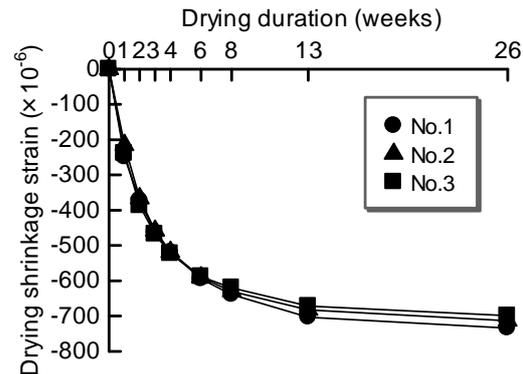


Fig. 5 Drying shrinkage characteristics

回ったこと示しており、混和剤を使用することを前提としたFAの活性度の改善手法を新たに検討する必要があることを示している。

(2) **耐凍害性** 図-2に、相対動弾性係数と凍結融解サイクルの関係を示す。図から分かるように、相対動弾性係数は試験終了時の300サイクルにおいて、いずれのコンクリートでも90%以上の値を示している。また、コンクリートの種類による差もみられない。これは、FAや活性化FAを用いても、エントレインドエアが適切に連行されていれば、耐凍害性に優れたコンクリートが製造できることを示している。

(3) **耐塩害性** 図-3に、塩化物イオン濃度と経過時間の関係を示す。図から分かるように、No. 2, 3のコンクリートはNo. 1と比較すると、経過時間にともなうコンクリート中の塩化物イオン濃度が相対的に小さくなっている。したがって、No. 2, 3の塩化物イオンの実効拡散係数はNo. 1の1/3~1/4程度の値となっており、文献3)に示された実験結果と同様に、FAを混入すると耐塩害性が向上することを示している。

(4) **中性化特性** 図-4に、促進中性化深さと促進期間の関係を示す。図から分かるように、No. 2とNo. 3のコンクリートはNo. 1と比較して促進中性化深さが相対的に大きくなっており、材齢26週で供試体の全断面が中性化している。これは、FAや活性化FAのボゾラン反応によるもので、コンクリート中の水酸化カルシウムの消費量に起因するものと考えられる。しかし、No. 2と3には差はみられず、活性化FAを用いたコンクリートの中性化特性はFAコンクリートと同様であるといえる。

(5) **乾燥収縮特性** 図-5に、乾燥収縮ひずみと乾燥期間の関係を示す。図から分かるように、乾燥収縮ひずみは、いずれ

のコンクリートも同様であり、材齢26週で 700×10^{-6} 程度である。したがって、FAや活性化FAを用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみは、一般的なコンクリートと同様であるといえる。

4. まとめ

本報では、活性化FAの実用化に向け実験的な検討を行った。その結果、活性化FAを用いたコンクリートの耐久性は、FAコンクリートと同様であることが明らかになった。しかし、圧縮強度特性はプレーンモルタルによる実験結果と異なる傾向にあるので、今後は、混和剤を使用することを前提としたFAの活性度の改善手法を検討していきたいと考えている。

本研究費の一部は、平成23年度日本学術振興会学術研究助成基金助成金・基盤研究(C) (研究代表者: 犬飼利嗣) による。また、本実験に際し、前川明弘氏(三重県工業研究所)のご助力を得た。ここに付記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 犬飼利嗣, 湯浅幸久, 三島直生, 畑中重光, PARK Kwangmin: フライアッシュの活性度改善に関する基礎的研究(その2: 粒子の改変および添加剤がモルタルの圧縮強さ特性に及ぼす影響), 日本建築学会大会(九州)学術講演梗概集, A-1, pp. 401-402 (2007)
- 2) 市川敬悟, 犬飼利嗣: フライアッシュの活性度改善に関する基礎的研究(その7: 添加剤の添加量に関する検討), 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集, A-1, pp. 555-556 (2012)
- 3) 例えば, 土木学会: 鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向, コンクリート技術シリーズ26 (1997)