

フライアッシュセメントにカオリン系人工ポゾランを混合した 三成分系コンクリートの収縮特性に関する検討

鹿児島大学大学院 学生会員 ○久徳 貢大 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸 鹿児島大学大学院 学生会員 江口 康平
 鹿児島大学工学部 非会員 久保 波留花

1. はじめに

著者らは、カオリン系人工ポゾラン（以下、人工ポゾラン）をコンクリート用の混和材料として適用した場合の効果について検討を行っている。人工ポゾランとは、中国に存在する小高炉からの排ガスを集塵した炉塵灰と同様の組成となるように人工的に製造された材料である。過去の検討結果より、これを高炉セメントに混合し、三成分系コンクリートとした場合に、初期強度の改善や乾燥収縮の抑制効果が得られている。一方、年々排出量が増えている材料として石炭火力発電所から副産されるフライアッシュがあり、その有効利用の拡大が求められているが、そのためには諸性能の向上が必須となる。そこで、フライアッシュセメントに人工ポゾランを混合した三成分系コンクリートの強度特性および乾燥収縮特性を明らかにするために実験的検討を行った。

2. 材料特性

実験に使用した材料の基礎物性値および蛍光 X 線分析装置（XRF）にて測定した化学組成を表-1 に示す。人工ポゾランは、普通ポルトランドセメント（以下、普通セメント）やフライアッシュに比べて比表面積が大きく、非常に粒子の細かい材料である。化学組成からみた人工ポゾランは、フライアッシュに比べて SiO₂ は少ないが CaO を多く含んでおり、ポゾラン反応性と潜在水硬性を同時に有する材料であると考えられる。

表 1-物性値と化学組成

	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	化学組成(mass%)						
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O
普通ポルトランドセメント	3.15	3370	18.0	4.5	4.3	66.9	1.6	3.5	0.6
フライアッシュⅡ種	2.25	4614	65.0	19.2	5.7	5.0	1.1	0.7	1.7
カオリン系人工ポゾラン	2.70	8233	34.0	14.6	1.9	32.7	9.1	5.4	0.7

3. 実験概要

実験に使用した供試体配合を表-2 に示す。配合決定に際しては水結合材比（W/B）を 50%，単位水量を 175kg/m³ で一定とした。

表 2-供試体配合

W/B (%)	s/a (%)	供試体名	結合材混合比(%) セメント:アッシュ:人工ポゾラン	単位量(kg/m ³)						sp (%)	
				水	セメント	アッシュ	人工ポゾラン	石こう	川砂		粗骨材
50	45	OPC	100 : 0 : 0	175	350	0	0	-	818	1000	0.20
		FB	80 : 20 : 0		280	70	0	-	808	987	0.20
		FB+APz10%	72 : 18 : 10		252	63	33	1.8	807	986	0.26
		FB+APz20%	64 : 16 : 20		224	56	67	3.5	805	984	0.25
		FB+APz30%	56 : 14 : 30		196	49	100	5.3	804	983	0.24
		FB+APz40%	48 : 12 : 40		168	42	133	7.0	803	982	0.26

目標スランプ値は 9±2cm，目標空気量を 2.0±0.5% として、ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤で流動性を調整した。供試体には、普通セメントを使用した普通コンクリート（以下、OPC），OPC の結合材の 20% をフライアッシュで置換し、フライアッシュセメント B 種相当として使用したコンクリート（以下、FB）に加え、FB の結合材の一部を人工ポゾランで置換し、人工ポゾラン混合フライアッシュセメントとして使用した三成分系コンクリート（以下、FB+APz10%，FB+APz20%，FB+APz30%，FB+APz40%）の計 6 種類とした。なお、人工ポゾランに関しては、既往の研究を参考とし、無水石こうを内割り 5% 添加した。

(1) 強度特性

圧縮強度は、「コンクリートの圧縮強度試験方法（JIS A 1108）」に準拠し、所定の材齢ごとに（7 日，28 日，91 日，182 日）測定した。また、静弾性係数は、「コンクリートの静弾性係数試験方法（JIS A 1149）」に準拠し、圧縮強度試験と併せて測定した。

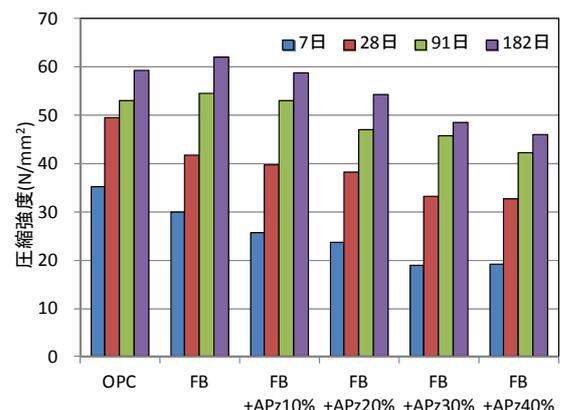


図-1 圧縮強度の経時変化

(2) 乾燥収縮特性

収縮ひずみは、両端部にゲージプラグを埋設した 10cm×10cm×40cm の角柱供試体（初期水中養生 7 日）を、温度 20±2°C、相対湿度 60±5%の恒温恒湿環境に静置し、「モルタルおよびコンクリートの長さ試験方法（ダイヤルゲージ法）JIS A 1129-3」に準拠し、定期的に測定した。また、質量変化も併せて検討を行った。

4. 実験結果および考察

(1) 強度特性

図-1 に各材齢における圧縮強度を示す。材齢 7 日程度の若材齢時に注目してみると、フライアッシュセメントに対する混和材置換率が大きいほど初期強度が低くなり、人工ポズランを用いた何れの配合においても FB の初期強度改善には至っていない。材齢 182 日の長期強度をみると、FB+APz10%供試体において OPC と同程度の強度となる結果が得られたものの、長期材齢での強度増進も人工ポズラン置換率が増加するにしたがって減少する傾向があり、強度特性の向上は今回の検討範囲では認められなかった。

一方、静弾性係数の経時変化をみると、図-2 に示すように、人工ポズランを混合した供試体は、材齢 7 日、28 日の時点で何れの配合でも FB を幾分上回る弾性係数を示しており、OPC と同程度の剛性を有していると考えられる。

(2) 乾燥収縮特性

図-3 に収縮ひずみの経時変化を示す。試験開始初期は、配合の違いによるひずみの差異は見られなかったが、約 20 日経過後から人工ポズランを 30%以上混合したものとそれ以下のもので収縮量に差が生じ始め、その差を維持したまま約 130 日経過後にはほぼ収束する状況となった。約 150 日経過時点のひずみをみると、OPC, FB, FB+APz10%および FB+APz 20%は、ほぼ同程度の収縮ひずみとなっているが、FB に人工ポズランを 30%以上混合した供試体は、それよりも 50~80 μ 程度、収縮量が抑制されている。

一方、その時の質量変化率を図-4 に示す。人工ポズランを混合した全ての配合において、FB よりも質量変化が少なくなっているが、必ずしも収縮ひずみ量と質量変化率の傾向が一致していない。例えば、人工ポズランを 20%混入した場合には質量減少は抑制される傾向にあるが、収縮ひずみ量にその影響が反映されていない。これについては、FB では、OPC に比べ大きな質量変化があるにも関わらず、乾燥収縮量は同等であることを考え合わせると、人工ポズランを用いて組織をより緻密化させ、その質量変化、すなわち水分の蒸発を抑制できても、これが収縮ひずみの減少に直接効果がある訳ではないことを示唆しており、収縮の作用機構に関して更に詳細な検討が必要と考えられる。

5. まとめ

人工ポズランをフライアッシュセメントに混合し三成分系コンクリートとすることで、フライアッシュセメントよりも更に、乾燥収縮を抑制することが可能であることが確認されたが、その抑制機構については今後の検討課題となった。また一方で、人工ポズランを混合することによる FB の初期強度改善効果が見られなかったため、強度発現を損なわない利用方法を探る必要がある。

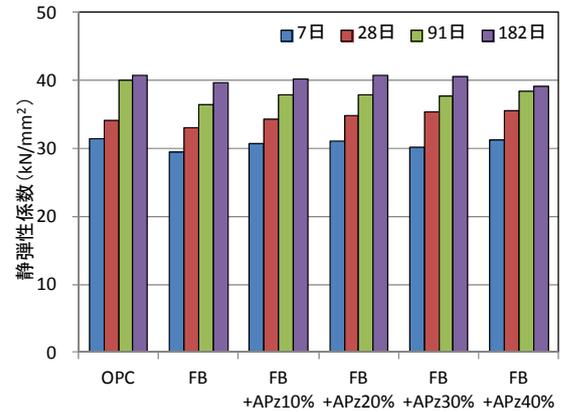


図-2 静弾性係数の経時変化

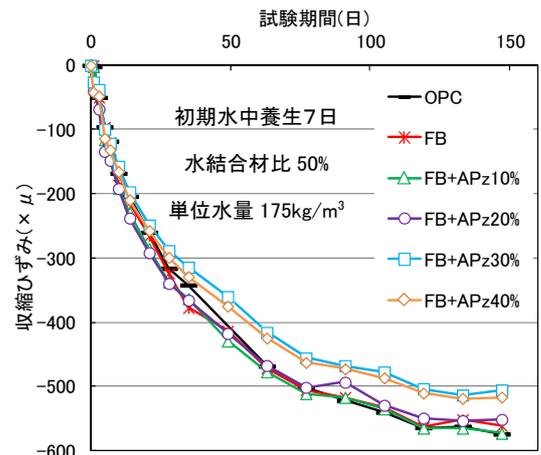


図-3 収縮ひずみの経時変化

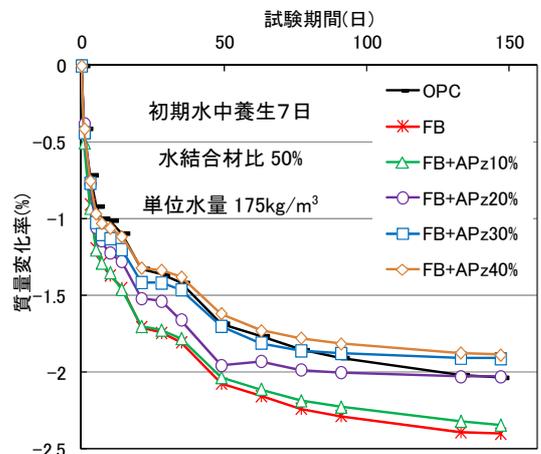


図-4 質量変化率の経時変化