

品質の異なるフライアッシュを使用したモルタルの諸特性について (その3)

(株)ニュージェック ○正会員 枝松 良展

日本原燃(株) 正会員 岡本 大 庭瀬 一仁

鹿島建設(株) 正会員 武地 真一 横関 康祐 佐々木 敏幸

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設の人工バリアに用いられるセメント系材料には、フライアッシュを混合した高流動モルタルを用いることが計画されている。一般にフライアッシュの品質は、微粉炭の品質、燃焼条件などによって大きく相違する。また、フライアッシュを用いた配合は、養生が不十分な場合に、強度不足などの弊害が発生しやすくなる。このことから、フライアッシュの品質変動と養生条件がモルタルの諸性状に与える影響を把握することは重要である。本検討では、比表面積や化学組成の異なるフライアッシュを用いた室内試験や、構築した人工バリアを損傷させることなくその性能の検査を行うことができる非破壊試験(テストハンマー試験, Torrent試験)を適用

表1 使用材料

材料	記号	概要
セメント	LPC	低熱ポルトランドセメント 密度=3.22 g/cm ³ 比表面積=3,530cm ² /g
フライアッシュ	FA	表2, 表3に記載
膨張材	LEX	石灰系膨張材 密度=3.05g/cm ³
石灰石微粉末	LS	密度=2.70 g/cm ³ 、 比表面積=5,050cm ² /g
細骨材	S	石灰砕砂: 密度=2.66g/cm ³ FM=2.79
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤: カルボキシル基含有ポリエーテル系化合物
	AS	空気量調整剤: ポリアルキレングリコール誘導体

表2 フライアッシュの品質

し、フライアッシュの品質変動、養生条件の影響を評価した。

FA名	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	Cl (%)	ig.loss (%)	メチレンブルー吸着量 (mg/g)	フロー値比 (%)	活性度指数(%)	
															4W	13W
高Ca	46.23	22.80	8.04	13.55	2.12	1.18	2.14	2.01	0.85	0.14	<0.001	0.2	0.07	116	81	98
低ブレン	61.83	24.68	4.13	3.14	1.35	0.20	1.24	0.72	1.36	0.03	<0.001	0.8	0.17	97	74	89
JIS II	61.73	24.15	4.11	2.78	1.29	0.35	1.12	0.90	1.34	0.04	<0.001	1.4	0.25	106	85	103

2. 試験概要

表1～表3に本検討で使用した材料、表4にモルタルの配合を示す。フライアッシュはJIS II種の規格に相当する試料(JIS II)、化学組成としてCaO量の変化の影響を把握することを目的としたCaO量が多い試料(高Ca)、そして代表的物理特性値として比表面積が異なる試料(低ブレン、中ブレン、高ブレン)を用いた。密度の異なるフライアッシュの配合は、細骨材量で調整した。非破壊試験で対象とした供試体は、フライアッシュの品質と養生条件の異なる直方体の供試体¹⁾(1,000×1,000×600mm)を2個ずつ、計12個を製作した。供試体の作製・養生方法は、人工バリアで想定される構築方法・環境条件にできるだけ近づけることとし、養生は、「打設後33日間湿潤養生、その後気中養生」(初期養生33日と呼ぶ)と「打設後2日間型枠内養生、その後気中養生」(初期養生2日と呼ぶ)のそれぞれ2種類とした。非破壊試験は材齢91日で実施した。

表3 フライアッシュの密度および比表面積

FA 名	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
高 Ca	2.43	4014
低ブレン	2.03	3180
JIS II	2.15	3850
中ブレン	2.14	4060
高ブレン	2.42	5190

表4 高流動モルタルの配合

水結合材比 (%)	単位量(kg/m ³)					
	W	LPC	FA	LEX	LS	S
45	230	338	153	20	230	1273

目標スランプ フロー 65±5cm、目標空気量 2.5±1.5%

3. スランプフロー

図1にスランプフロー試験結果を示す。スランプフローは、フライアッシュの比表面積に依存せず、高Ca品を用いた場合のみが、他よりも大きい結果となった。これは、メチレンブルー吸着量より、高Ca品は他のフライアッシュに比べて未燃炭素量が少ないと推察でき、そのため高性能AE減水剤の減水効果が大きく発揮さ

キーワード 放射性廃棄物処分, フライアッシュ, 高流動モルタル, 非破壊試験

連絡先 〒135-0007 東京都江東区新大橋 1-12-13 TEL 03-5625-1954

れたものと考えられる。なお、高性能AE減水剤の添加率を調整することにより(図1中の■), 高Ca品においても所定のスランプフローが得られた。

4. テストハンマー試験

テストハンマー試験は、硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法(JSCE-G 504)に準拠して実施した。強度推定には、高強度域でも推定精度が高いとされる谷口式²⁾を用いた。谷口式による推定圧縮強度と、同じ場所で気中養生を行った円柱供試体による圧縮強度¹⁾を併せて図2に示す。試験は1供試体当たり6箇所実施しており、図にはフライアッシュ品質毎(4供試体)の平均値と、最大・最小値の範囲を示した。これによれば、本検討範囲では、フライアッシュの品質が本モルタルの圧縮強度に与える影響は小さいことが分かる。また、円柱供試体による圧縮強度と谷口式による推定圧縮強度は非常に近い値を示し、本モルタルでの圧縮強度は谷口式により精度良く推定できるものと考えられる。

推定圧縮強度を初期養生の長さに関して着目すれば、本試験程度の初期養生の長さは、圧縮強度には大きな影響を与えないことが確認された。

5. 透気試験

Torrent 法表層透気試験³⁾による透気係数(固有透過係数)を図3に示す。試験はテストハンマーと同様、フライアッシュの品質毎に24箇所(4供試体×6箇所)ずつ実施した。フライアッシュの品質が透気係数に及ぼす影響は、圧縮強度の場合と同様に、小さいことが分かる。

初期養生の長さについて着目すれば、初期養生が長い方が、透気係数は $0.1 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度小さくなった。初期養生により、モルタルの表層部分の緻密化が進んだものと推察される。

6. まとめ

フライアッシュの品質は、フレッシュモルタルのスランプフローに影響を及ぼしたが、テストハンマー試験による圧縮強度や透気試験による透気係数には大きな影響を及ぼさないことが分かった。また、初期の養生条件は、透気係数に影響を及ぼすことが分かった。今後は、フライアッシュに含有するCaの化学形態や鉱物組成、粒子の形状に着目した詳細な検討を行う予定である。

最後に、本研究の実施にあたりご協力いただいた東北発電工業(株)殿、取りまとめにあたりご指導をいただいた東京工業大学坂井悦郎教授、電力中央研究所山本武志氏および太平洋セメント(株)山田一夫氏に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 岡本 大ほか：品質の異なるフライアッシュを使用したモルタルの諸特性について(その1)，土木学会第65回年次学術講演会講演概要集，2010(投稿中)
- 2) 谷口秀明ほか：テストハンマーによるコンクリートの硬度測定および強度推定の誤差要因に関する検討，土木学会論文集 No.767/V-64, 199-210, 2004.8
- 3) R.Torrent, G.Frenzer: A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the "covercrete", international Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering(NDT-CE), 1995

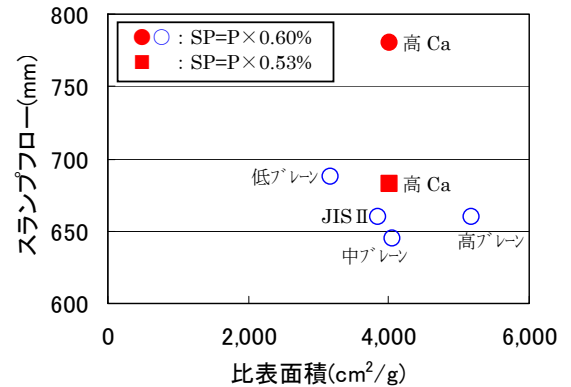


図1 スランプフロー

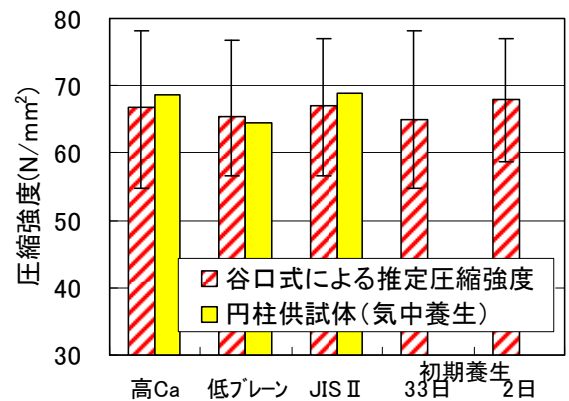


図2 圧縮強度

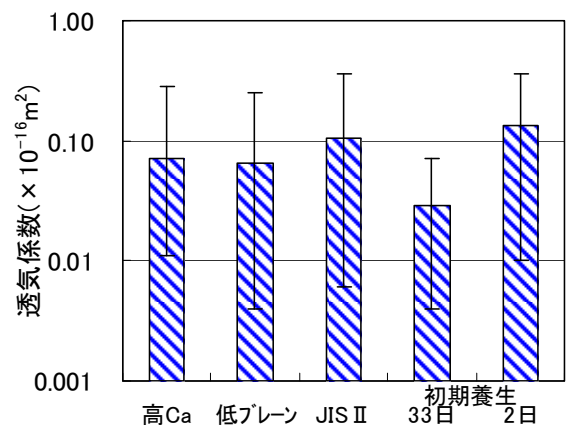


図3 透気係数